



Труды
Международной мультikonференции
**Сетевое партнерство
в науке, промышленности
и образовании**

Санкт-Петербург, Россия
4-6 июля 2016

ISBN 978-5-906841-54-4



Труды
Международной мультikonференции
Сетевое партнерство в науке, промышленности и образовании
Санкт-Петербург, Россия, 4-6 июля 2016

“Политехника-Сервис”
Измайловский пр., 18Д
190005 Санкт-Петербург, Россия

ISBN 978-5-906841-54-4

СОДЕРЖАНИЕ

Страница

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕТЕВОМ ОБУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОННОГО УМК, ВЫПОЛНЕННОГО В СТАНДАРТЕ SCORM Валерий Галас, Анатолий Галкин, Александр Градусов, Россия.....	1
COMMON EDUCATIONAL WEB SPACE AS A NEW PARADIGM FOR INTERNATIONAL E-LEARNING N. Andreeva, A.Schukin, Russia N. Scerbakov, Austria.....	9
ИНЖЕНЕРНАЯ МАГИСТРАТУРА Олег Ребрин, Ирина Шолина, Россия.....	17
ON EDUCATING CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN A GLOBAL ENVIRONMENT Juho Mäkiö, Elena Mäkiö-Marisik, Germany Eugeny Yablochnicov, Russia.....	21
AN ONLINE LABORATORY IN WEB BASED TRAINING N. Andreeva, A.Schukin, Russia N. Scerbakov, Austria.....	29
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ «МЕХАТРОННЫЙ ГИДРОПРИВОД ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН» Александр Елепов, Александр Кучин, Виктор Лебедев, Россия.....	37
ИНТЕРНЕТ-ЛАБОРАТОРИЯ КАК ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКЕ Виктор Андреев, Кирилл Кирсанов, Россия.....	45
SPBPU'S EXPERIENCE IN FESTO TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION IN JOINT INTERNATIONAL EDUCATIONAL PROGRAMMES Ekaterina V. Potekhina, Vyacheslav V. Potekhin, Elena N. Selivanova, Viacheslav P. Shkodyrev, Russia.....	53
РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА МЕТОДОЛОГИЙ ПРЕДВИДЕНИЯ И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Горелова Галина Викторовна, Жертвовская Елена Вячеславовна, Тюшняков Виталий Николаевич, Якименко Марианна Владимировна, Россия.....	59
ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРИИ ЗНАНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НЕЧЕТКОЙ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ Ильясов Барый Галеевич, Макарова Елена Анатольевна, Закиева Елена Шавкатовна, Габдуллина Эльвира Риятовна, Россия.....	67

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ РЕСУРСОВ НА ОСВОЕНИЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН Родина Ольга Валерьевна, Калугян Каринэ Хачересовна, Россия.....	75
ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА Золоторев Виктор Николаевич, Менжулин Андрей Альбертович, Цевовальникова Наталья Андреевна, Россия.....	85
ПОЛНЫЙ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ Елена Кондрашкина, Виталий Рыжаков, Россия.....	93
ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММЫ Д.Г. Арсеньев, В.И. Малюгин, В.В. Потехин, Россия Нгуен Суан Тьем, Нгуен Нгок Туан, Чан Конг Фан, Вьетнам.....	99
ИНТЕГРАЦИЯ НОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПРОФИЛЬНОЙ МАГИСТРАТУРЫ С ПРОЕКТОМ «СИНЕРГИЯ» Иосиф Брейдо, Александр Кочкин, Борис Фешин, Казахстан.....	103
РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РЕСУРСА ПО ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ Владимир Филаретов, Александр Зуев, Россия.....	109
К ВОПРОСУ РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО О.Е. Печковская, Республика Беларусь Е.В. Потехина, Е.Н. Селиванова, В.П. Шкодырев, Россия.....	115
ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ МНОГОЛЕТНЕГО УЧАСТИЯ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА В ПРОЕКТЕ «СИНЕРГИЯ» Вадим Крамарь, Алексей Кабанов, Михаил Майстришин, Россия.....	121
УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «ОМГТУ-FESTO» В МЕЖДУНАРОДНОМ СЕТЕВОМ ИННОВАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЕКТЕ «СИНЕРГИЯ» А.В. Косых, В.В. Шалай, В.Г. Хомченко, И.В. Тоцкая, Россия.....	129
PAC – A MULTI-VENDOR ENVIRONMENT BASED ON EC 61850 Erkki Antila, Reino Virrankoski, Finland.....	133
РАЗРАБОТКА СЕТИ РОБОТАРИУМОВ И МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ «АМУР» ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ РОБОТРОНИКА В.Е. Пряничников, А.Я. Ксензенко, С.В. Кувшинов, Ю.С. Марзанов, Ю.В. Подураев Е.А. Прысев, Р.В. Хелемендик, А.А. Арыскин, О.О. Беляев, П.А. Брызгалов, Д.В. Давыдов, Д.А. Кузовкин, П.Ф. Плетенев, С.Р. Эпиков, Россия.....	141

RESEARCH OF THE ENERGY-EFFICIENT METHODS OF FUZZY MOVEMENT CONTROL MULTILEGGED WALKING ROBOT "ORTONOG" IN A REAL ENVIRONMENT Eugeny S. Brisikin, Vadim V. Chernyshev, Alexander V. Maloletov, Nikolay G. Sharonov, Yaroslav V. Kalinin, Andrey E. Gavrilov, Alexander V. Leonard, Vladimir V. Arykantsev, Russia.....	149
ОПЫТ ОСВОЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ MATLAB В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ СТУДЕНТАМИ, ОБУЧАЮЩИМИСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ» Анатолий Галкин, Сергей Лиходеев, Россия.....	157
МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ СЕТЕВОЙ ПРОЕКТ «СИНЕРГИЯ»: ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ Сергей Стажков, Россия.....	163
РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА «СИНЕРГИЯ» В КАРАГАНДИНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ Иосиф Брейдо, Роман Марквардт, Борис Фешин, Казахстан.....	171
ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА СИНЕРГИЯ В КАРАГАНДИНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ Иосиф Брейдо, Казахстан.....	177
SUPPORT AND LEARNING FUNCTIONS OF THE INTELLIGENT ADVISER MODULE Damir Haskovic, Branko Katalinic, Ilija Zec, Austria.....	183
ОЦЕНКА ТОЧЕК КОМПЛЕКСНОЙ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ТЕСТИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ О.С. Колосов, Д.А. Баларев, Е.С. Горбикова, А.В. Сахарова, Россия.....	185
МЕТОД ОБРАБОТКИ ГИБКИХ ДЕТАЛЕЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ МНОГОЗВЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ, ОСНАЩАЕМЫХ СИСТЕМАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ Владимир Филаретов, Дмитрий Юхимец, Александр Зуев, Антон Губанков, Россия.....	193
ИССЛЕДОВАНИЕ «МЕРТВОГО» ОБЪЕМА ПОРШНЕВЫХ ПОЛОСТЕЙ БЕСШТОКОВОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА Денис Шилин, Россия.....	201
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОЙ ГИДРОМАШИНЫ Стажков Сергей Михайлович, Кузьмин Антон Олегович, Россия.....	209
МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ В МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМАХ Владимир Филаретов, Александр Зуев, Алексей Жирабок, Александр Проценко, Россия.....	213

МНОГОФАКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ Александр Золотарев, Россия.....	221
АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ ПОДВИЖНОСТИ ТРЕНАЖЕРОВ АВТО- И СПЕЦ- ТЕХНИКИ Роман Ганин, Дарья Костыгова, Дмитрий Казунин, Россия.....	229
HIERARCHICAL CONTROL SYSTEM FOR MULTILINK MANIPULATOR Pavel Ganin, Russia.....	237
УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПО ПРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ Александр Кобзев, Юрий Мишулин, Владимир Немонтов, Анастасия Лекарева, Россия.....	245
КОМПЛЕМЕНТАРНАЯ КОРРЕКЦИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРНЫМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ Анастасия Лекарева, Россия.....	253
СТАБИЛИЗАЦИЯ ЖЕСТКОСТИ КОНСОЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ТЕЛЕЖКИ С ГРУЗОМ Александр Бохонский, Михаил Майстришин, Алексей Кабанов, Россия.....	261
ПОСЛОЙНЫЙ СИНТЕЗ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ СИНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ Сергей Чижик, Петр Витязь, Михаил Хейфец, Республика Беларусь.....	269
TOWING TEST TANK CONTROL SYSTEM Mart Tamre; Dhanushka Chamara Liyanage, Maida Hiiemaa, Estonia.....	275
THE FORMALISED DESCRIPTION OF MECHANISMS WITH CLOSED KINEMATIC CHAINS AND AUTOMATIC KINEMATIC ANALYSIS ON ITS BASIS Alexander Yakovlev , Alexander Malysenko, Russia.....	283
AUTOMATIC 3D HUMAN BODY MODELLING A. Yu. Kuchmin, Somar Karheily, Russia.....	291
BIG DATA APPLICATION FOR ANALYSIS OF NEONATAL Sipan Arevshatyan, Houcine Hassan, Carlos Dominguez, Spain	297



Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕТЕВОМ ОБУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОННОГО УМК, ВЫПОЛНЕННОГО В СТАНДАРТЕ SCORM

Валерий Галас, Анатолий Галкин, Александр Градусов
Кафедра УИТЭС
Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Горького улица, 87
600000 Владимир, Россия
vpgalas@mail.ru

Реферат

Представлен опыт создания и использования в учебном процессе технического ВУЗа электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК), ориентированного на базовую подготовку студентов в области автоматизированного проектирования систем и средств управления. ЭУМК представляет собой открытую дидактическую систему, функционирование которой основано на авторской концепции изучения дисциплины, а содержательная составляющая - на базе мультимедийных данных. Как система ЭУМК может реализовывать функции автоматизированных обучающих и контролирующих систем, моделирующих программ и других программных средств, доступных в информационно-обучающей системе. В законченном виде ЭУМК как система включает в себя информационно-навигационную, содержательную, диагностирующую и управляющую подсистемы.

Использование ЭУМК в LMS Moodle предоставляет широкие возможности как по администрированию курса в целом, так и по созданию отдельных элементов обучения. Работа не является цифровой версией печатного издания, а представляет собой аналог полнофункционального электронного учебника в виде SCORM программы, скомпилированной в eхе-файлы с развитой системой ссылок, мультимедийными включениями и блоками подготовительного и контрольного тестирования.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение быстро развивающихся информационных технологий создало предпосылки для качественно нового этапа развития вузов на основе формирования единой образовательной информационной среды. Ее создание и развитие представляет технически сложную и дорогостоящую задачу. Но именно она позволяет системе образования коренным образом модернизировать свой технологический базис, перейти к образовательной информационной технологии и осуществить «прорыв» к открытой образовательной системе, отвечающей требованиям современного общества. Электронные и традиционные учебные материалы должны гармонично дополнять друг друга как части единой образовательной среды. Использование новейших информационных технологий должно способствовать решению педагогических задач, которые сложно или невозможно решать традиционными методами.

Для деятельности любого образовательного учреждения необходима специальная информационная среда, в которой взаимодействуют администраторы и участники учебного процесса. Особенностью функционирования учебного заведения является наличие разнообразных по содержанию и объему информационных потоков, а также большого количества пользователей, различные группы которых имеют разные информационные потребности и ограниченные права доступа к информации

В целом образовательная информационная среда, построенная с применением компьютерных и коммуникационных технологий, является жизненно необходимой средой функционирования учебных заведений. При отсутствии или недостаточной полноте этой среды невозможно обеспечить открытый доступ к информационным и техническим ресурсам учебного заведения участникам учебного процесса, находящимся за его пределами, свободный график учебной работы, оперативное получение консультаций и многое другое.

ВЫБОР КОНЦЕПЦИИ

Необходимым в развитии телекоммуникационного обучения являются создание новых методов и технологий, отвечающих требованиям телекоммуникационной образовательной среды общения. В традиционной системе очного образования все вопросы организации учебного процесса по каждой учебной дисциплине возлагаются на преподавателя. Обучаемые освобождаются от проблем выбора последовательности, форм и средств изучения материала. Этот выбор предопределен опытом преподавателя, существующими в учебном учреждении образовательными ресур-

сами, а также текущими обстоятельствами (возможные переносы занятий, болезнь преподавателей, наличие или отсутствие лабораторной базы и т.д.).

При самостоятельной подготовке в системе открытого образования обучаемый должен научиться принимать решение о порядке и глубине освоения учебного материала. Это намного сложнее и помочь ему может только четкое структурирование учебного материала, хорошо организованная навигация обучаемого по ресурсам изучаемой учебной дисциплины, а также множественные формы ее представления.

В этой среде ярко проявляется то обстоятельство, что участники образовательного процесса не просто пассивные потребители информации, а в процессе обучения они создают собственное понимание предметного содержания обучения.

Необходимость коррекции устаревшей модели обучения, которая характеризовалась тем, что в центре технологии обучения – преподаватель, студенты играют пассивную роль на занятиях, назрела давно.

На смену устаревшей модели пришла новая модель обучения, основанная на следующих положениях: в центре технологии обучения – студент, в основе учебной деятельности – сотрудничество, студенты играют активную роль в образовательной деятельности, суть технологии – наличие обратной связи и развитие способности к самообучению.

Обеспечение обратной связи между преподавателем и обучаемым в полной мере обеспечивается в системе очного или заочного дистанционного образования с широким использованием современных телекоммуникационных средств и информационных технологий.

Для повышения эффективности обучения и самообучения при взаимодействии "преподаватель - студент" необходимы формы организации занятий, максимально активизирующие обучающихся, а также подготовка обучающихся к использованию технических средств. Так как время взаимодействия при дистанционном обучении может быть существенно меньше, чем при традиционном обучении, особое внимание уделяется различным формам интерактивного взаимодействия. Так, наиболее распространенными приемами дистанционного обучения являются организация открытых конференций, форумов, вики, обеспечивающих привлечение обучающихся к совместной работе над проектами.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНТЕНТА ОБУЧЕНИЯ

Базовой проблемой информатизации образования, связанной с разработкой новых электронных интерактивных дидактических средств обучения, является создание эффективных электронных образовательных ресурсов

с широким спектром дидактических возможностей. Современный электронный учебный курс – это целостная обучающая программная система, основанная на использовании компьютерных технологий и средств Internet, обеспечивающая непрерывность и полноту дидактического цикла процесса обучения; ставящая целью не только обеспечить обучение студентов по индивидуальным и оптимальным учебным программам, но и управление процессом обучения; включающая в себя не только информационную поддержку изучения дисциплин, но и контроль уровня знаний и умений, информационно-поисковую деятельность, групповую и индивидуальную работу и сервисные функции при условии осуществления интерактивной обратной связи.

Структурной основой системы открытого дистанционного образования является, как правило, электронная база учебно-методических материалов, организованная в виде электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК) представляющих собой совокупность учебно-методических и программно-технических средств обучения, которые необходимы и достаточны для изучения конкретной учебной дисциплины и для данной формы обучения (очной, дистанционной).

Основной задачей ЭУМК является предоставление учащемуся средств обучения и организации процесса обучения. При этом следует минимизировать затраты преподавателя на организацию процесса обучения, проведение консультаций и контроля таким образом, чтобы учащийся смог в процессе самостоятельной работы при общении с компьютером достичь заданного уровня знаний, умений и навыков по изучаемой учебной дисциплине. Рубежные и итоговые проверки знаний, умений и навыков осуществляются преподавателем. Использование ЭУМК позволяет перенести образовательный процесс из аудиторий вуза домой студентам, которые могут выполнять обязательные задания не только по расписанию, но и в удобное для них время, например, по вечерам и выходные дни, что немаловажно для современной молодежи, сочетающей обучение с работой.

В любом учебном процессе можно выявить следующие основные виды деятельности: передача теоретических материалов, выполнение практических заданий и оценка результатов. Следовательно, указанные элементы должны быть представлены и в электронном курсе, который строится путем комбинирования страниц различных типов, отражающих перечисленные виды деятельности. В современном понимании ЭУМК представляет собой сложную дидактическую систему, функционирование которой поддерживает учебно-воспитательный процесс средствами информационных образовательных технологий. Как система ЭУМК может совмещать в себе функции автоматизированных обучающих и контроли-

рующих систем, моделирующих программ и других программных средств информационных образовательных технологий. В целях мониторинга и необходимой коррекции процесса обучения, в рамках ЭУМК также могут быть сформированы базы данных для хранения текущей и обобщенной информации о результатах работы.

Разработчик курса должен чётко представлять себе, что поскольку технически ЭУМК является сайтом, информация в котором размещена в иерархической или объектно-реляционной базе данных, с оформлением курса в виде web-страницы, позволяет преподавателю расширить свой педагогический арсенал за счёт использования новых методов. Речь идёт, в первую очередь, об использовании возможностей, характерных именно для данного типа образовательного ресурса: различных медиа-форматов, динамических методов контроля знаний, различных форм для поиска данных и обратной связи, и т.д. Широкие возможности, которые предоставляют преподавателю информационные образовательные технологии, могут быть реализованы и в вариативной части комплекса. Сюда могут быть включены on-line-консультации по изучению данного курса (как для студентов, так и для организаторов занятий), чат, гипертекстовый глоссарий, портфолио и личные страницы студентов и преподавателей, учебные группы и подгруппы, коллективно выполняющие отдельные проекты, доска объявлений, подборка файлов для скачивания студентами и т.д.

Следует отметить, что современная организация удаленного доступа не позволяет проводить зачеты и экзамены полностью в дистанционном режиме – требуется участие людей для идентификации обучаемых, проходящих итоговый контроль, и обеспечения условий проведения контроля.

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭУМК

ЭУМК представляет собой открытую дидактическую систему, функционирование которой основано на авторской концепции изучения дисциплины, а содержательная составляющая – на базе мультимедийных данных, в которой доступен также и оперативный поиск необходимой информации. Как система ЭУМК может реализовывать функции автоматизированных обучающих и контролирующих систем, моделирующих программ и других программных средств, доступных в информационно-обучающей системе.

В законченном виде ЭУМК как система включает в себя информационно-навигационную, содержательную, диагностирующую и управляющую подсистемы.

Информационная подсистема содержит метаинформацию ЭУМК:

структуру межпредметных связей, основные положения государственного федерального стандарта направления обучения, рабочую программу дисциплины, аннотацию и структуру курса, технологическую карту курса, и т. п.

Содержательная подсистема — это ядро ЭУМК, взаимосвязанное со всеми подсистемами с помощью прямой и обратной связи. Она состоит из элементов трех типов: ресурсов, обеспечивающих информационную поддержку изучения теоретического материала; элементов, организующих индивидуальную практическую работу студента; средств общения и совместной работы. Это курс лекций, разделенный на блоки, с системой гиперссылок, контрольными вопросами и встроенными программами тестирования знаний, лабораторный практикум с встроенными обучающими и контролирующими программами для подготовки к выполнению лабораторных работ, материалы к курсовому проектированию, материалы для осуществления самостоятельной работы студентов и материалы справочного характера.

Диагностирующая подсистема включает в себя:

- самоконтроль, основная цель которого – достижение уверенности обучаемого в том, что он усвоил учебный материал;
- входной контроль, призванный определить степень готовности обучаемого к продолжению обучения;
- текущий контроль, основная цель которого – диагностика в процессе усвоения и, при необходимости, коррекция плана обучения;
- рубежный контроль для проверки уровня усвоения раздела (темы);
- заключительный (итоговый) контроль, который представляет собой серию заданий по всему проработанному материалу, выполняемых обучаемыми самостоятельно.

Тестовая оболочка образует связанный с конкретной дисциплиной самостоятельный модуль [1], позволяющий контролировать знания и вырабатывать практические навыки по эксплуатации и управлению программными продуктами, оборудованием и технологиями.

Управляющая подсистема аккумулирует в себе результаты мониторинга для проведения необходимой коррекции процесса обучения. С использованием балльно-рейтинговой системы ВУЗа, а также результатов тестирования, в оболочке ЭУМК могут быть сформированы базы данных для хранения информации о результатах работы обучающихся.

Проведение учебного процесса в системе открытого образования предполагает использование ЭУМК либо в Интернет, либо в корпоративной сети учебного ВУЗа. Но даже локальные приложения нуждаются в подсистеме, позволяющей получать от преподавателя задания и передавать в обратном направлении результаты выполнения этих заданий и ста-

тистику использования приложения. Поэтому представляется целесообразным, чтобы обращение к ЭУМК осуществлялось через портал организации, проводящей обучение, т.е. ВУЗа, например, с использованием LMS Moodle предоставляющим широкие возможности как по администрированию курса в целом, так и по созданию отдельных элементов обучения.

Следует также заметить, что разработанный ЭУМК реализован в качестве комбинированного сетевого ресурса, сочетающего преимущества локальных и сетевых ЭУМК. Здесь основной учебный контент хранится локально, его не требуется передавать по сети, а управление комплексом и взаимодействие между преподавателем и обучаемым осуществляются по сети с помощью средств ЭУМК. Длительные операции, например, выполнение лабораторных работ осуществляется в так называемом отсоединенном режиме: соединение используется только для получения задания и учебных ресурсов, после чего обучаемый может продолжить выполнение лабораторной работы в автономном режиме, отключившись от сети.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Работа не является цифровой версией печатного издания, а представляет собой аналог полнофункционального электронного учебника в виде SCORM программы, скомпилированной в ехе-файлы с развитой системой ссылок, мультимедийными включениями и блоками подготовительного и контрольного тестирования.

В соответствии со стандартом SCORM пакет учебного материала включает XML-файл index (манифест), содержащий информацию о структуре учебного материала и ассоциированных ресурсах, физические файлы (annot, instr, inst и др.), являющиеся непосредственно учебным материалом.

При создании ЭУМК с целью минимизации объема конечного программного продукта для компактного его размещения в LMS Moodle авторы применили прямое программирование на языке HTML, хотя, в принципе, в конструкции отдельных блоков комплекса можно было бы использовать и широко известные средства разработки интерактивных учебных материалов (Websoft, CourseLab, iSpring и др.). Открытый объектный интерфейс созданной программной оболочки позволяет вкладывать учебный материал практически любой сложности, расширять библиотеки объектов и шаблонов, в том числе и за счет самих пользователей. Имеющийся встроенный механизм тестирования знаний позволяет производить как подготовку обучаемых к проведению контрольных меро-

приятий, так и контрольное тестирование знаний.

Программный комплекс системы тестирования состоит из нескольких функционально законченных модулей, способных работать независимо друг от друга, выполняя при этом строго определенные функции [2]. Основные составляющие комплекса:

- сервер тестирования – обрабатывающий подключения и запросы со стороны клиентов и администраторов;
- клиент тестирования – программа, в которой проводится тестирование пользователя (взаимодействует с сервером по сети);
- администратор тестирования – программа удаленной настройки сервера тестирования, получения отчетов и их анализа (взаимодействует с сервером по сети);
- редактор тестов – автономная, не зависящая от других компонентов программа просмотра и правки содержимого тестов.

Возможны различные варианты построения комплекса системы тестирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЭУМК в целом, электронный учебник, как составляющий ЭУМК и механизм инсталляции системы тестирования в отдельности прошли государственную регистрацию в депозитарии электронных изданий НТЦ «Информрегистр». Им также присвоен гриф УМО в редакции: “Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве электронного учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 220400 - управление в технических системах (бакалавры, магистры)”.

ССЫЛКИ

[1] Галас В.П., Галкин А.А. Интегрированная компьютерная система контроля знаний с применением недетерминированной оценки результатов / В кн. Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (Москва, ВВЦ, 2009) – М.: Рособразование, 2009. -366 с.

[2] Галас В.П., Галкин А.А. Система контроля знаний для сети открытого дистанционного образования / В кн. Качество дистанционного образования: концепции, проблемы, решения (EDQ-2009): Материалы XI Международной научно-практической конференции 4 декабря 2009 г., -М.: МГИУ, 2009, -382 с.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

COMMON EDUCATIONAL WEB SPACE AS A NEW PARADIGM FOR INTERNATIONAL E-LEARNING

N. Andreeva*, N. Scerbakov**, A.Schukin*

* Institute of Computer Science and Technology
Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University
St.Petersburg, Russia

**ICM, Graz University of Technology,
Graz, Austria
E-mail: nsherbak@iicm.tugraz.at

ABSTRACT

In this paper we present an innovative eLearning project being developed in collaboration by St.Petersburg Technical University and Graz University of Technology, Austria. The project aims to develop a common educational WEB space for distant teaching of different aspects of database technology. The method can be applied for teaching students which have different specialities and background knowledge. The method can be also easily adopted for so-called Life-Long-Learning (LLL), and can seriously amend a current practice of Massive Open Online Courses (MOOC).

The common educational WEB space consists of a number of Learning Management Systems (LMS) used by partner universities, reusable educational content structured as so-called SCORM modules, and a shared online database laboratory.

The previously mentioned functional components are seamlessly syndicated into an integrated system by means of a number of WEB services. For example, the laboratory is actually an Internet server with a DataBase Management System (DBMS), and a number of WEB service entries for integrating the laboratory into other eLearning components such as WEB Exams, Project developing space, and so on. The presentation provides a detailed technical specification of WEB services, and a reproduceable description of usage scenarios. The paper will present practical results of the pilot application of the system, discuss problems that were found out, and offer possible solutions.

ELEARNING AND EDUCATIONAL WEB SPACE

WEB space is normally perceived as a set of resources and services offered through the Internet. More specifically, educational WEB space is a Learning Management Systems (LMS), providing access to course specific materials, necessary communication, verification and data exchange facilities. Typically, students access written scripts or prerecorded video lectures, comment the text or movies, discuss the content using an online forum or chat. Data exchange facilities are necessary since students are supposed to perform some training actions and upload results for evaluation by teachers. Success of eLearning essentially depends on online monitoring and verification of students progress with the course material.

To implement a common educational web space we have to decide on the following aspects of such WEB sites:

- mutually recognized basic data structuring paradigm and functionality.
- data exchange standard that provides a seamless integration of data available from one site into the context of another WEB site possibly implemented in another operational environment (LMS).
- common way of evaluating students results with the course materials.

Content of a particular educational WEB site consists of the following components:

Announcements. Course announcements allow teachers to promptly announce important course events in a form of a sequence of textual documents that are sorted in a chronological order. We can say that a course announcement is a

teacher's blog devoted to a particular course. Similar to other blog applications, course announcements must be very easy to author, preferably any blog authoring tool can be applied to write such announcements. Since course announcements may contain very important information for course participants, and must be read before a particular date, there must be a variety of mechanisms that ensure delivering of announcements to students in time such as RSS (Really Simply Syndication), Atom Feed, News Groups, Emails, etc.

Curriculum description. Curriculum description is a menu of documents that describe different aspects of actual working with the course materials and tools. For example, typical curriculum documents may describe a course schedule, course content, important prerequisites, requirements for an examination, etc. Curriculum documents may be authored using any tools and uploaded in a form of HTML, PDF, MS Office documents, etc. The most preferable way of browsing such curriculum documents is a selection of documents from a list (menu). It should be especially noted that curriculum documents may be imported from another University Management System. For example, the description and calendar of all courses are available from a so-called TU Graz Online campus management system in TU Graz, and from a similar system "Portal of distant technologies" in St.Petersburg Polytechnic University.

Course library. Course library is a main learning component of any educational web site. The course library is a structured repository of training materials (files) that are available for students. Course documents can be of any format (HTML, PDF, PPT, movies, etc.). Normally, the course library is structured as a set of nested folders containing references to original documents.

The course library must provide special tools to simplify downloading of files by students, thus, any mass downloading browser plug-in can be used. Since functionality of the course library is similar to functionality of such well-known cloud services as DropBox, Google Drive and MS One Drive, interface to these web services is desired.

Course forum. The course forum is a primary asynchronous communication tool that allows to discuss course-related issues using an usual "Post/Reply" paradigm. The course forum should combine simple yet powerful text editing facilities, file uploading facilities and advanced data dissemination features such as "show new", RSS/Atom feed, email subscription, interface to news groups, etc.

Course tools. Each course web site must provide references to a number of course specific tools such as:

- online examination (course quiz);
- online project (course assignment).

A course quiz is an automatically selected list of predefined questions that must be answered by a particular student within a predefined time slot and possibly under monitoring by the teacher or course tutor. Course quizzes are evaluated automatically by the system or manually by the teacher and tutors. Students are getting examination points as a result of such evaluation. Quizzes are used as a part of final course examination or as a precondition for such examination.

A course assignment is usually a set of files developed by students on request of a teacher. Course assignments can be done individually or in collaboration with other student (working group). Course assignments can be also evaluated automatically by the system or manually by the teacher and tutors. Similar to a previous case, students get points for their course assignments.

COMMON EDUCATIONAL WEB SPACE

On the first glance, the idea of common education WEB space may be implemented as a remote access for students from one university to a LMS residing on a server of another university. Unfortunately, this mechanism cannot be used in practice, courses offered by each university have significant variations in content and especially legal restrictions for access to the course materials, online examinations, doing practical assignments online, etc. Simply stated, teachers are creative people and must have a necessary freedom to offer students teaching materials and training curriculums that they find suitable for learning the course subject. From the legal perspective, all educational web sites must match a number of restrictions that are specific for a certain country and/or university.

For example, in Austria students cannot be forced to upload their assignments onto a foreign server that is not a subject of Austrian law. Similarly, all the discussion contributions (posts) must reside on a server where university authorities have a full control.

Thus, a common educational WEB space is a set of WEB sites collaborating via export/import functionality, web services and commonly accepted protocols. We distinguish two levels of such WEB sites:

Basic level of that space is a huge collection of reusable teaching resources (modules) and a number of so-called laboratories. Modules from such basic level may be reused on an upper level that is called *user level*, via insert and clone operations (see below). Laboratories are active components that receive student's

submissions (can be answers from a particular quiz or components of students assignments) and evaluates such submissions. All the communication to laboratories is done via web services. The most obvious way of using such laboratories is evaluation of programming assignments where students are requested to implement a programming component that is automatically compiled, run and evaluated by the laboratory. In this particular project, "Fortran Programming", "C programming", "Java Programming", "MathCAD" and "Database" laboratories were implemented.

The *user level* may be seen as a number of LMS accessible by students. Servers on the user level belong to particular universities and are built for the students of this university. The servers functionality on the user level conform to internal regulations of the university.

STRUCTURING EDUCATIONAL CONTENT

Courseware, according to our approach, consists of addressable components called modules. A module does nothing but encapsulates other components called members therefore, together with some internal structure (i.e. navigational topology). This structure is in fact a link structure expressing the relationships or associations between members. A member is either a document or another module. One member of a module is chosen and designated as its head (the starting point for navigation).

Additionally, a module may have an associated document called its label (see Figure 1) to provide contents synopsis. If a label is missing then the head is used instead.

We may think of a module as an opaque container: if we are outside the container, its members will not be visible to us. To see what's inside it, we must enter it. Of course, we can only be inside one container - the current container - at any given time. But once inside, we will be able to visit its members by navigating its link topology (see Fig. 1).

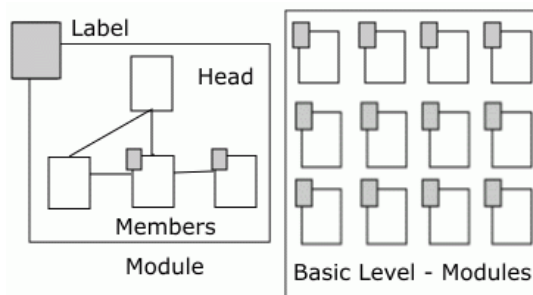


Fig.1 Internal data structuring on a basic level

A member we visit in the current container may be a document or another module. If a document, it will be visualized in some appropriate way - typically involving the presentation of the document's media objects on the computer display and/or sound system. If a module, its label (which is a document, by definition) will be visualized. The most recently visited member of the current container is the current member. Access to other members from the current member is determined by the container's internal navigational tools.

Note that visiting (i.e. navigating to) a module does not enter it, even though its label is visualized. The point of the label, as mentioned earlier, is to present a synopsis of the module to allow us to decide whether or not we want to enter it.

To enter it, we must explicitly use the Zoom-In operation. Zooming into a module makes it the new current container, its head the new current member; all links emanating from the current member become accessible.

Figure 2 illustrates the Zoom-In operation. Prior to zooming in, "A" is the current container and "B" the current member. Applying the zoom-in operation on "B" makes it the current container, its head the current member, and all the links emanating from the head accessible. Navigation after zooming in is restricted to the links in the current container, or zooming into the current member (if it is a module) or zooming out of the current collection.

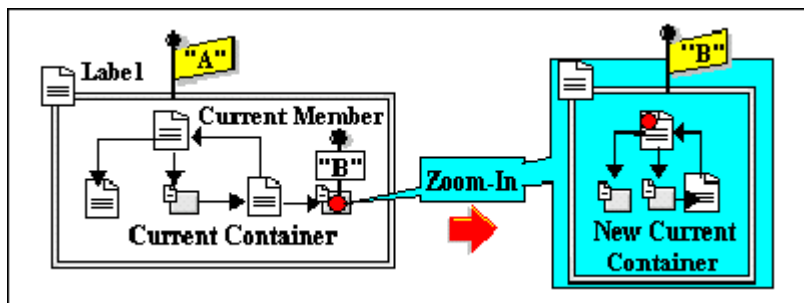


Fig.2 Operation Zoom-In

The Zoom-Out operation is of course the inverse of Zoom-In. Its effect is to restore the current container and the current member to the state immediately prior to the most recent zoom-in. Thus, a zoom-out operation for the situation in Figure 2 will reinstate "A" as the current container and "B" as the current member.

Navigation may thus be viewed as occurring in and between "planes". Link navigation within a module is in one plane, while the zoom-in and zoom-out operations are orthogonal to this and allow a jump to a lower or higher plane.

Note also that a module may be a member of more than one other module, i.e. modules may be re-used in different contexts.

Building hypermedia courseware typically follows a bottom-up approach. First, multimedia documents are created. They then become building blocks for complex modules that constitute the basic level of the system. The modules are encoded using a well-known SCORM (Sharable Content Object Reference Model) format.

RE-USING EDUCATIONAL CONTENT ON UPPER LEVEL

Assuming that documents and modules on a basic level have been created, a teacher may reuse the content to incorporate it into a particular curriculum and, hence, make it available for students. Re-using is carried out via two different mechanisms - inserting elements from basic level into modules on the user level and cloning modules from basic level.

Inserting elements is done using the following scenario. A teacher creates a new module, assigns it a unique name, selects a document or an existing module from a basic level as its head, and optionally selects a document as its label. Once a module has been created, its members - other modules or documents from the basic level, can be inserted, modified or removed.

Cloning modules may be seen as selection of most suitable modules from a basic level and creating instances of such modules on the user level. Such instances of modules can be further edited as it was described above.

USING DATABASE LABORATORY

In this chapter we describe a couple of scenarios for actual usage of the "laboratory" component in teaching different aspects of database technology. The laboratory is an Internet server with a DataBase Management System (DBMS) installation, and a number of WEB service entries for integrating the laboratory into other eLearning components.

Evaluating quiz answers.

As it was mentioned above, a course quiz is an automatically selected list of predefined questions that must be answered by a particular student. Thus, the teacher must formulate a set of questions, and possibly define templates for automatic evaluation of the user answers. In case of a database course, a most common situation is if a teacher requests to define an SQL query with a reference to a particular database schema. Obviously, it would be very useful to automatically run the query, and compare results with a predefined DBMS output to evaluate the student's answer. To accomplish this, teacher defines via special WEB services:

- a database schema and test content for a special database application;
- a number of SQL queries, each query is recorded along with an expected correct query definition.

As a student formulates an answer (provides a source query code), it is automatically submitted to the laboratory via a web-service, executed and the output is compared to a test output. All the results are returned to the teacher.

Working with database assignments.

In this case, a student or a working group of students gets a named space in the laboratory where the following actions can be performed via a web-service:

- a database schema may be defined and compiled;
- test database content may be inserted into the database;
- a number of queries can be formulated and executed in the context of the previously defined database.

Teachers may request a working protocol of a particular group. The protocol includes all the sources defined by the students and the results of execution of the queries (see Fig.3). Thus, the students assignment may be easily evaluated. This mode is primary used for doing students projects - sample database applications.

The screenshot displays the 'Check SQL' Administrator interface. At the top, it shows 'TU Graz WBT Master' and 'Projects "Check SQL" Administrator: Nikolai Scerbakov'. Below this are navigation buttons: 'LogOut', 'Help', 'New Project', 'All Projects', 'Subscription Manager', 'All Files', and 'Preferences'. The main area is split into two panes. The left pane, titled 'Report', shows a SQL query: 'select * from customer LEFT OUTER JOIN transaction ON (customer'. Below the query is a table with columns: cname, ccity, cphone, cid, cid, pid, tdate, tqnt. The right pane, titled 'Locker "cccccccccc"', shows a list of SQL files: 'example.sql - 06 03 2010 14:41', 'all.sql - 13 02 2013 12:40', and 'product.sql - 13 02 2013 12:46'. Each file has buttons for 'Evaluation', 'Comment', 'Report', and 'Remove'.

cname	ccity	cphone	cid	cid	pid	tdate	tqnt
Nick	Graz	112233	44	44	30	2003-09-30	1
Nick	Graz	112233	44	44	31	2003-10-01	2
Nick	Graz	112233	44	44	32	2003-10-02	3
Denis	Wien	332211	45	45	30	2003-09-30	10
Denis	Wien	332211	45	45	35	2003-10-02	10
Hermann	London	111111	46	46	32	2003-09-30	2

Fig.3 Application of a database laboratory

REFERENCES:

- [1] M.Ebner, N.Scerbakov, H. Maurer "New Features for eLearning in Higher Education for Civil Engineering", Springer Journal of Universal Science and Technology of Learning, Vol. 1, No. 1, pp. 93 – 106 (2006)
- [2] A.Scerbakov, N.Scerbakov, M.Ebner "Using Cloud Services in a Modern Learning Management System", Journal of Computing and Information Technology 03/2015; 23(1):75-86. (2015)
- [3] N.Scerbakov "TU Graz Teach-Center", Available: <http://tugtc.tugraz.at/wbtmaster/welcome.html> (2015)



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ИНЖЕНЕРНАЯ МАГИСТРАТУРА

Олег Ребрин, Ирина Шолина

Высшая инженерная школа
Уральский федеральный университет
Мира, 21
620001 Екатеринбург, Россия
oirebrin@gmail.com

Реферат

В статье представлен новый формат инженерного образования [1] в трактовке всемирной инициативы CDIO и моделей инженерного образования, разработанных в Высшей инженерной школе УрФУ [2]. Эти модели созвучны лучшим мировым практикам и нашли свое воплощение в «Уральской инженерной школе», реализующейся по инициативе губернатора Свердловской области. Основной фокус рассмотрения - инженерная магистратура, предназначенная обеспечить требуемый современной индустрией набор профессиональных компетенций инженера [3].

ВВЕДЕНИЕ

В мировом контексте наиболее ярко новый формат инженерного образования проявился в инициативе CDIO. Стандарты и Силлабус [4] CDIO вобрали в себя лучшие мировые практики и представляют собой систему принципов и конкретных рекомендаций для повышения эффективности подготовки инженеров, способных задумывать, проектировать, внедрять и управлять инженерными изделиями. Главное в подходах CDIO – стремление обучать студентов в идеологии жизненного цикла и использование методологии результатов обучения.

Интегрированные образовательные программы строятся на основе проектного обучения и обеспечивают формирование универсальных компетенций (soft skills) посредством активного обучения.

В условиях российской действительности новый формат предполагает новые модели инженерного образования, пересмотр подходов к проектированию и реализации образовательных программ в соответствии со следующими принципами:

- Непрерывность образования: интегрированные и преемственные по результатам обучения программы бакалавриата и магистратуры (ВО), согласованные с профессиональными программами (СПО).
- Партнерство, эффективные механизмы взаимодействия образования, индустрии и власти
- Ориентация на текущие и перспективные потребности индустрии, учет требований профессиональных стандартов.
- Технологии проектного обучения,
- Студентоцентрированное активное обучение.
- Современная образовательная среда, обеспечивающая постоянный доступ к образовательным ресурсам (лаборатории, аудитории, базы знаний и др.).

Для реализации новых моделей инженерного образования очень важен аспект взаимодействия с теми контрагентами, стейкхолдерами, которые заинтересованы в совместной подготовке инженерных кадров. Где под совместностью понимается прежде всего согласованное определение результатов обучения и участие работодателей в образовательном процессе. Не только в форме кураторства, практики и каких-либо практических работ, но и в прямой образовательной деятельности, проведения отдельных занятий, эксклюзивных лекций по перспективным технологическим решениям, по тем новациям, которые внедряются, либо будут внедрены в производство в ближайшем будущем.

Первые контакты с работодателями начинаются естественно с определения потребности потенциальных партнеров в научно-технических, инженерно-технических кадрах.

Поскольку сегодня динамика изменения техники и технологий очень высока, то невозможно заранее выстроить 4-х летнюю, а то и 6-ю программы таким образом, чтобы предвосхитить те потребности, которые возникнут через несколько лет. Технологи могут меняться в течение весьма ограниченного времени весьма кардинальным образом.

Не стоит надеяться на то, что мы точно узнаем прогноз конкретных потребностей промышленных предприятий на среднесрочную

перспективу. Поэтому университеты должны развивать и внедрять универсальные программы, которые позволяют перестраивать образовательный процесс под изменяющиеся нужды промышленности.

Это возможно, как в бакалаврских программах, когда два года идет фундаментальная, общеинженерная подготовка. И выход на профессионализацию уже на последних 1,5-2 годах обучения.

Наиболее эффективным путем подстройки под нужды промышленности является использование программ инженерной магистратуры. И здесь контакт с работодателями, постоянный мониторинг меняющихся потребностей является определяющим. Сегодня наиболее перспективной моделью инженерной магистратуры на наш взгляд является вариант, так называемый один плюс один. Когда первый год обучения в магистратуре достаточно универсален. Идет обновление и актуализации знаний и умений в математическом моделировании, в пользовании пакетами программного обеспечения, изучение современных технологических решений, расширение кругозора. Второй год обучения фактически реализуется схема так называемого дуального образования, когда обучение в университете сопровождается, вернее, сочетается с реальной работой на промышленном предприятии над опытно-конструкторскими разработками, над проблемами, которые волнуют промышленные предприятия.

Далее в статье конкретизируются требования к реализации программ инженерной магистратуры



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ON EDUCATING CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN A GLOBAL ENVIRONMENT

Juho Mäkiö,

Department of Engineering, Hochschule Emden/Leer, Constantiaplatz 4, 26723 Emden,
Germany, juho.maekioe@hs-emden-leer.de

Elena Mäkiö-Marusik

ICT Consulting & Management, MEYER WERFT GmbH & Co. KG, Industriegebiet
Sued, 26871 Papenburg, Germany, elena.maekioe-marusik@meyerwerft.de

Eugeny Yablochnikov

Department of Instrumentation Technologies, ITMO University, 49 Kronverksky Pr., St.
Petersburg, 197101, Russia, eugeny@beepitron.com

Abstract

Both the development of cyber-physical systems and the global distributed software development are often characterized as “wicked problems”: cyber-physical systems due to simultaneous need of knowledge in multiple fields and global distributed software development due to challenges in communication and cooperation, coordination and visibility, and geographical and cultural distance.

A common approach to teaching software engineering concepts is to have students form teams to create a software product; this allows them to experience the problems first hand. The global distributed software development is widely used in industry, for example, to stay competitive in the market. The relevance of the cyber-physical systems is for the industry high, too. Physical systems are compounded increasingly with communication abilities and controlling functionalities that are implemented as software. The key criteria for all these factors is well educated people. Yet, software engineering education hardly focuses the needs of these fields. Consequently, the graduated students rarely possess necessary skills and hands-on experience required for such projects.

We developed a novel educational concept based on the project-based perceptual approach for teaching cyber-physical systems related to real

industrial setting using global distributed software development. The concept allows to demonstrate the combination of several intelligent task-oriented self-organizing cyber-physical systems with multiple realistic critical constraints, like power efficiency, high performance, size and cost. Simultaneously, it gives a realistic view on the field of global distributed software development. The developed concept proffers for the students a practice oriented opportunity to be prepared for the industrial needs of tomorrow.

INTRODUCTION

Both, the global distributed software development (GSD) and the cyber-physical systems (CPS), are dramatically changing the needs of the education of engineers. The social competencies and ability to work in interdisciplinary teams are getting more important compared with traditional engineering disciplines.

The critical success factors of GSD have been discussed in a number of studies (e.g. [1], [2], [3]). In [4] the author identifies six most relevant success factors: trust, efficient communication, cultural understanding, relationship between client and vendor, contract type and efficient knowledge transfer. These factors are non-technical.

The major challenge in teaching GSD is to enable “students to recognize how the problems of remote collaboration and cultural differences make the performance of these activities even more difficult” [5]. Such skills may only be learned by doing realistic projects by integrating class teaching with projects. However, the computer science curriculum in most universities focuses on technical abilities of their graduates much more than on their social or project management skills although these are crucial to the success of GSD projects. Consequently, the computer science graduates are poorly prepared to the needs of GSD.

CPS are "physical and engineered systems whose operations are monitored, coordinated, controlled and integrated by a computing and communication core" [6]. CPS are increasingly penetrating into our lives. This increases the dependency of the society on the CPS [3]. Consequently, there is an increasing need to understand technical, social, and economic aspects and effects of the CPS on the society. Focusing on the technical knowledge required for the development of CPS, some companies seek to hire "super engineers, individuals with knowledge in computer science and object oriented programming; embedded software engineering; experience with hardware, firmware, drivers, BIOS, and controls systems; and plant modelling." However, such individuals are difficult to find. Thus, companies build up teams with respective skills. Therefore, "students need to learn how to work in the cross-functional teams that are needed to build CPS, something that requires both broad knowledge of multiple areas of expertise and excellent communication skills.[7]" The link to GSD is given because in most cases, the cross-functional teams are distributed in multiple locations. The academic culture and education does not meet the needs of the industry as "there are countervailing trends toward very deep, narrow, and isolated work, perhaps amplified by the “publish or perish” academic culture, which often serves as a disincentive to interdisciplinary work" [7].

The increasing requests of the industry for engineers with a solid CPS and GPS skills has been responded by the academy by number of academic courses. Accordingly, various courses has been developed (cp. e.g. [21], [22], [23]). The CPS courses focus especially on the technical needs covering the modelling [20] and implementation aspects bringing together students from various backgrounds. The aspects of life-long learning are discussed in [24]. However, the combination of GSD and CPS is not focused although it is relevant for the industrial setting. Also the aspect of soft skills together with CPS is hardly focused in the existing academic curricula. To address the need of soft skills, and to fill the lack of realistic industrial setting in the current discussion of CPS curricula, this paper presents a project-orientated and perceptual approach to teach CPS and GSD.

The remain of this paper is organized as follows. Section "Fundamental characteristics o GSD and CPS" describes basics of both areas as far as they are relevant for this paper. Section "Pedagogical Requirements" depicts the relevant pedagogical ideas behind the proposed concept. Section "Concept and its Implementation" is dedicated for the implementation of the concept. Finally, in Section "Conclusions" the conclusion and future work is presented.

FUNDAMENTAL CHARACTERISTICS OF GSD AND CPS

Global software development means that the software development is disperse along several geographically dislocated sites. A global software team executes the activities collaborating on a common, usually commercially viable, software development project [8]. The reasons for firms to apply GSD are related to human resources, to business advantages, or to work organization. In is remarkable that technical reasons are not named in the listing given in [9].

Although widely applied in the industry, GSD projects are risky. The main reason for the challenges of GSD-projects is the geographical distance that is defined as the "effort required for one actor to visit another" [1]. Additionally, GSD projects are negatively affected by the temporal [14] and by the socio-cultural distance [1]. They play a minor role for the proposed educational concept and will thus not be discussed here more in detail.

The GSD workers are knowledge workers whose main capital is the knowledge. The effective knowledge work requires principles like connection visibility and structured messaging [10]. The lack of face-to-face communication hinders the effective knowledge work. The connection visibility means that the process participants, their roles and their private information resources need to be represented. In structured messaging the interaction management is structured, goal-directed and controlled communication.

These principles are negatively affected by the geographical distance because it hinders the face-to-face communication impacting negatively the communication and coordination [2]. Missing face-to-face communication leads to information lacks and delays as it narrows intensive information sharing and hinders such the collaboration. One way to bridge the geographical distance is electronic communication. However, it is no substitute for the face-to-face communication [5].

Cyber-Physical Systems (CPS) integrate computation and physical processes [15] using networking to communicate. These systems have embedded software and computational core that directly processes and records physical data using sensors and affect physical processes using actuators. The embedded computational core may be distributed and demand real-time response. CPS interact with the surrounding physical and digital world being connected with other CPS via digital communication facilities. CPS may use globally available data and services to share information. Characteristically, they may have multi-modal human-machine interfaces enabling to communicate with the system, e.g. by voice or by gesture [16].

To sum up, temporal, geographical and socio-cultural distances affects distributed software development negatively. However, an awareness based on personal experiences helps to get easier over the possible difficulties. One good way to get these needed experiences is to integrate appropriate courses into the university curriculum.

PEDAGOGICAL REQUIREMENTS

The needs for future engineering skills concerning the CPS are discussed in [7]. The needs may be classified in three groups: systems thinking, soft skills, and ability to analyze the correctness of components. The goal of GSD educational courses is to make students familiar with GSD projects and with the challenges that may occur in the project as well as their solutions. Crucial for the success of GSD projects is to "invest in face-to-face meetings, temporal collocation, and exchange visits [18]". GSD courses need to be well prepared with clear behaviour rules and encouragement for the communication (cp. [19]).

The required educational concept needs to focus both on the required skills for the CPS and for the GSD education. The proposed concept shall allow students to have an insight into the challenges involved in CPS and GSD from multiple points of view. At the same time the students shall get a practice oriented opportunity to be prepared for the industrial needs of tomorrow.

THE CONCEPT AND ITS IMLPEMENTATION

The key point of the proposed concept is a combination of *project-based teaching* ([26], [27]) and *perceptual teaching* [12]. The teaching process is organized on agile teaching methodology coping "with changing and diverse learning needs" and "with changing research, business, and technology environments" [25]. On the one hand this allows the tutors to intervene into the students' learning process only on demand, but on the other hand requires an intensive communication and a close cooperation with the students.

Project-based teaching organizes learning within projects. The tutor devises a specific comprehensive task for the students who need to solve it in a group. For solving the task, the students are requested at first to setup and then to carry out a project.

Perceptual teaching is based on the idea that perception plays a fundamental

role in all learning. Understanding the principles of concept formation establishes an essential basis for learning. Concept formation is essentially based on the perception of empirical meanings of concepts. The perceptual teaching concept was developed for the teaching of physics teachers (cf. [12]). We adapted this concept for teaching CPS and GPS. The tutor's task in this concept is to awake interest, spirit of research, and scientific curiosity by his students. At first, the tutor gives to the students a comprehensive task, which is challenging for them. The solution is not obvious requiring knowledge and skills the students' possibly do not possess. At the beginning, no complex theoretical details are given to the students. Thus, they are faced with the problems they should try to tackle by themselves. The students start to make research about the topic of the task recognizing some issues and trying to solve them. In this learning process some questions emerge to be clarified. The role of the tutor in this stage is to become active supporting his students in their progress.

Both approaches (project-based teaching and perceptual teaching) are associated with a task that plays within their scope an essential role. For successful teaching results this task needs to fulfil the aforementioned requirements. The task constructed for this concept is described further in this section.

The proposed concept focuses both soft skills and technical skills. In [13] the authors report about the importance of soft skills for the success of technical projects. The lack of soft skills is named as the biggest reason for a project failure. In [7] the authors emphasize that for the development of CPS a broad background knowledge of multiple areas of expertise is required of modern engineers. These areas comprise among other things computer science, information management, design and engineering of real-time systems, dynamic systems, embedded systems, development of hardware, firmware and drivers, control systems, operating systems, and plant modelling. To address both skills, the concept concludes some online lectures. The purpose of the lectures is threefold: (1) to teach the key knowledge of the CPS up-to-date architecture; (2) to teach basics of global software engineering; and (3) to get the students to know each other.

The concept is developed for cooperative teaching of CPS at University of Applied Sciences Emden / Leer, Germany and ITMO-University St. Petersburg, Russia. The universities have a cooperation agreement in education and science. This project runs in the context of this agreement. The multidisciplinary aspect is given as the German students study Computer Sciences and the Russian students study Instrumentation and Control Engineering. The common language within the project is English. This seems to be a natural choice, as in most international industrial projects the common language is English.

The task

To prove the concept on teaching CPS, a concrete development task is invented that focuses on core ideas and principals of CPS. Within this task, the students should learn development of CPS by practical doing.

Fig. 1 depicts the constructed task. It shows a production plant with palettes, shop floors, robots, and building blocks. The robots shall carry building blocks from

one palette (source) onto another palette (goal). Two intermediate operations - cleaning and painting - shall be performed with the building blocks on the way from the source to the goal. For these activities respective shop floors are organized. At the beginning the building blocks are located on the source palettes. Robots can pick, carry, place, clean and paint building blocks. These skills, or operations, are diverse developed by each robot. Each capability is characterized by its costs (low/medium/high) and duration (short/medium/long). One robot e.g. needs a short time for the operations “carry” and “clean”, but a medium time for the operation “paint”; another robot needs a short time for the operations “paint” and “clean”, but a long time for the operation “carry”. All robots together build a robot team. The overall goal of the robot team is to transport the building blocks from the source palette onto the goal palette and in between to clean and paint them. Because the skills of the robots are distinct, they need to cooperate to manage the overall goal efficiently.

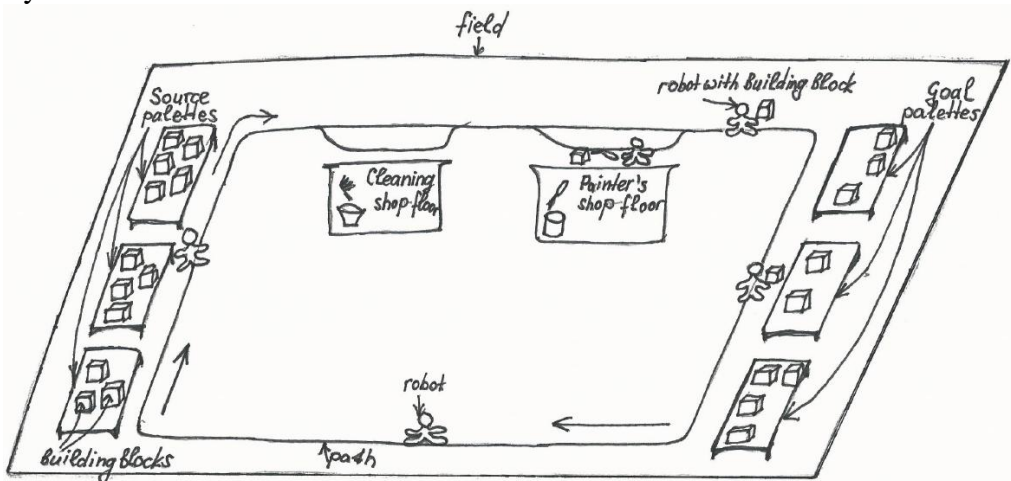


Fig. 1: Task

This task represents an example of a system consisting of several autonomous intelligent task-oriented self-organizing CPSs: robots, palettes, and shop floors. The complexity of this system caused by its distributed nature, the heterogeneity of physical entities (i.e. sensors and actuators), the lack of reliability in communication, the variability of the environments in which they are employed, makes the design and the implementation of such systems challenging. The idea of this task is to give students a perceptual understanding on the organization and functioning of CPS. At the same time, the students gain advanced knowledge and skills in up-to-date technologies like multi-agent systems, service-oriented architecture, web services, cloud computing, physical device integration, and robot programming.

In this task the tutors function as “clients” and the students build up a “supplier company”. The tutors order a CPS from the students specifying some functional and non-functional requirements. The students need to set up a project, define the technical infrastructure for development and communication, organize teams, plan and execute project tasks. In the regular remote meetings with the "clients" the students are required to present the current state of the project. Due to

the relatively high costs, face-to-face meetings are not explicitly included into the concept. However, face-to-face meetings are desirable because of their positive effect for the student's motivation and consequently for the project results. The project should run using the process framework Scrum [11].

CONCLUSIONS

This paper presented a novel concept for teaching cyber-physical systems related to real life like industrial setting using global distributed software development. The concept unifies the concepts the perceptual approach of teaching and project-based teaching. The concept will be implemented in the winter semester 2016-2017 by approximately 15 students. The drawback of the concept is the implementation of the proposed model is time consuming and challenging for both, teachers and students. For the first run of the course we calculate with up to ten ECTS credit points, equivalent to 250-300 hours of study. This is about one-third of the credits student need to gather in one semester.

REFERENCES

- [1] J. Herbsleb, D. Moitra, "Global software development Software", IEEE, Vol. 18, No. 2., 16-20. 2001.
- [2] S. Komi-Sirviö, M. Tihinen. "Lessons Learned by Participants of Distributed Software Development" Knowledge and Process Management, 12/2,108–122 2005.
- [3] S. Khan, M. Niazi and R. Ahmad, "Critical Success Factors for Offshore Software Development Outsourcing Vendors: A Systematic Literature Review", "Global Software Engineering, 2009. ICGSE 2009. Fourth IEEE International Conference on, Limerick, 207-216, 2009.
- [4] G. P. Sudhakar, "A Review of Critical Success Factors for Offshore Software Development Projects", Organizacija. 46/6, 282–296. 2013.
- [5] D. Damian, A. Hadwin, B. Al-Ani, "Instructional design and assessment strategies for teaching global software development: a framework", In Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering. 2006.
- [6] R. R. Rajkumar, I. Lee, L. Sha, and J. Stankovic. Cyber-physical systems: the next computing revolution. In Proc. 47th Design Automation Conference, 731-736. ACM, 2010.
- [7] National Academies of Sciences. Interim Report on 21st Century Cyber-Physical Systems. Available: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=21762. 2015.
- [8] Carmel, E. and Agarwal, R. Tactical approaches for alleviating distance in global software development. IEEE Software, 18(2):22-29. 2001.
- [9] Herbsleb, J. D. and Moitra, D. Guest editors' introduction: Global software development. IEEE Software, 18(2):16-20. 2001.
- [10] Harrison-Broninski, K. Human Interactions: The Heart and Soul of Business Process Management. Meghan Kiffer Press, Tampa, FL. 2005.
- [11] The Scrum Guide™ ©2014 Scrum.Org and ScrumInc. Available: <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100>
- [12] K. Kurki-Suonio. Principles Supporting the Perceptual Teaching of Physics: A "Practical Teaching Philosophy", Science & Education, 20/3, 211-243, 2011.

- [13] R. Bancino, C. Zevalkink "Soft skills: The new curriculum for hard-core technical professionals", *Techniques*, May, 20–22. 2007.
- [14] H. Holmstrom, E. Ó. Conchúir, P. J. Ågerfalk, B. Fitzgerald, "Global software development challenges: A case study on temporal, geographical and socio-cultural distance." In *Global Software Engineering, 2006. ICGSE'06. International Conference on* (pp. 3-11). IEEE, 2006.
- [15] E. A. Lee, "Cyber physical systems: Design challenges" In *Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), 2008 11th IEEE International Symposium on* (pp. 363-369). IEEE, 2008.
- [16] E. Geisberger, and M. Broy, eds. "agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems." Vol. 1. Springer-Verlag, 2012.
- [17] H. Perreault, "Business educators can take a leadership role in character education." *Business Education Forum*, 59(1), pp. 23-24, 2004.
- [18] C. B. Šmite, D A Wohlin, "A Whisper of Evidence in Global Software Engineering," *IEEE Software*, vol. 28, no. 4, pp. 15-18, 2011.
- [19] C. Ivica, I. Bosnić, and M. Žagar. "Ten tips to succeed in global software engineering education." *Proceedings of the 34th International Conference on Software Engineering*. IEEE Press, 2012.
- [20] K. Bauer, K. Schneider. "Teaching cyber-physical systems: A programming approach." *Proceedings of the Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education*. ACM, 2012.
- [21] A. Cheng, MK. Albert. "An undergraduate cyber-physical systems course." *Proceedings of the 4th ACM SIGBED International Workshop on Design, Modeling, and Evaluation of Cyber-Physical Systems*. ACM, 2014.
- [22] K. Damevski, B. Altayeb, H. Chen, and D. Walter. "Teaching cyber-physical systems to computer scientists via modeling and verification." In *Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education* (pp. 567-572). ACM, 2013.
- [23] J. Wade, R. Cohen, M. Blackburn, E. Hole, E. and N Bowen. "Systems Engineering of Cyber-Physical Systems Education Program." In *Proceedings of the WESE'15: Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education* (p. 7). ACM, 2015.
- [24] M. Törngren, S. Bensalem, J. McDermid, R. Passerone, A. Sangiovanni-Vincentelli and B. Schätz, "Education and training challenges in the era of Cyber-Physical Systems: beyond traditional engineering." In *Proceedings of the WESE'15: Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education* (p. 8). ACM, 2015.
- [25] A. H. W. Chun, "The agile teaching/learning methodology and its e-learning platform" in *Advances in Web-Based Learning-ICWL 2004*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 11-18. 2004.
- [26] J. E. Mills, D. F. Treagust, "Engineering Education is problem-based or project-based learning the answer?", *Australasian Journal of Engineering Education* 3 (2), pp. 2-16, 2003.
- [27] K. J. McDermott, A. Nafalski, and Ö. Göl, "Project-based teaching in engineering programs", *Frontiers In Education Conference-Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports, FIE'07. 37th Annual IEEE*, pp. S1D-11, October 2007.
- [28] K. Schwaber and M. Beedle (2002). *Agile Software Development with Scrum*. Pearson, 2001.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

AN ONLINE LABORATORY IN WEB BASED TRAINING

N. Andreeva*, N. Scerbakov**, A.Schukin*

* Institute of Computer Science and Technology
Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University
St.Petersburg, Russia

**IICM, Graz University of Technology,
Graz, Austria
E-mail: nsherbak@iicm.tugraz.at

ABSTRACT

WEB based learning today is being widely used in almost every educational facility. In the last years all conceivable use cases that need to be carried out in such teaching mode have been defined and the features of a modern educational web site needs to offer are very clear. One of the most important aspects of such distant learning is a verification of students' progress with the course materials. In this paper we analyze a number of practical scenarios for checking students' knowledge and progress with course materials. More specifically, we discuss so-called "course quiz" and "course diary" paradigms. *Course quiz* is an automatically selected list of predefined questions that must be answered by a particular student within a predefined time slot. If we speak about web based

courses on databases, a typical quiz question might be: "consider the following database schema and define a query ..." .

Course diary is a list of tasks that are supposed to be accomplished by students throughout the course. Definition of tasks may significantly vary, but generally each task requires performing a certain element of a database application design, for example, developing a database schema, proving that database schema is in particular normal form, implementing a database transaction, etc.

We discuss a particular implementation of so-called web laboratory to check students knowledge on databases. We define such a web laboratory as a cloud service - set of resources and services offered through the Internet. Simply stated, the web laboratory is an Internet server with a DataBase Management System (DBMS) installation, and a number of WEB service entries for integrating the laboratory into other training components. The laboratory provides a possibility to build and use database applications in remote mode via a number of web services. In other words, the laboratory delivers special services for building database applications from a particular data center, the services can be used by other web client sites located throughout the world. The communication between the cloud server and clients is carried out using SOAP web services.

Our goal in this research work is to describe the architecture, and specify web services necessary for actual usage of the laboratory.

Course quiz

Course quiz is an automatically selected list of predefined questions that must be answered by a particular student within a predefined time slot and possibly under monitoring by the teacher or course tutor. Course quizzes are evaluated automatically by the system or manually by the teacher and tutors. Students are getting examination points as a result of such evaluation (see Fig.1). Quizzes are used as a part of final course examination or as a precondition for such examination.

Normally, there are two more or less independent tools that are involved in a quiz implementation. We distinguish a quiz authoring tool and run-time quiz environment.

A quiz authoring tool supports:

- definition of individual questions;
- definition of a selected type of user input;
- definition of templates for automatic answer evaluation;
- definition of a pool of questions where individual questions are combined in a special way to provide random selection of questions for each student.

Question 8 : "Data Sub-Language SQL (1)" [4 Points]

Customer				Transaction				Product		
C#	Cname	Ccity	Cphone	C#	P#	Date	QNT	P#	Phame	Price
1	Codd	London	2263035	1	1	26.01	20	1	CPU	1000
2	Martin	Paris	5555910	1	2	23.01	30	2	VDU	1200
3	Deen	London	2234391	2	1	26.01	25			
				3	2	29.01	20			

Please define an SQL Query: "Get names of customers who bought the product CPU" using nested SQL blocks.

Answer

```
SELECT Cname FROM Customer WHERE C# IN
(SELECT C# FROM Transaction WHERE P# IN
(SELECT P# FROM Product WHERE Pname = "CPU"))
```

Result: 2
Well done.

Fig.1 A question from a course quiz

Definition of individual questions is almost identical to authoring small multimedia documents, we can simply see the process as an HTML authoring (see Fig.2).

The screenshot shows the Examination Editor interface. On the left is a tree view of the course structure, including topics like "Introduction to Databases", "Relational Algebra", and "Data Sub-Language SQL". The main window displays the HTML code for a question titled "Question 7.2". The code includes image tags for graphics and a query: "Find a total number of customers who bought the product VDU". Below the code are buttons for "Submit", "Delete", "Structured Answer", and "Cancel". At the bottom, there is a "Define Question" dialog box where the user can select the question type (e.g., Selection) and define the number of alternatives (radio buttons 1, 2, 3, 4) and their sizes.

Fig.2 Authoring a course quiz

Selected type of user input is normally selected from a list of all supported HTML input elements such as text area, text field, select, checkboxes, radio buttons. As soon as the type of user input is selected, some additional parameters may be defined. For example, a teacher may select a radio button input element, define a number of alternatives and a legend (brief text) for each alternative.

Run-time quiz environment is the second component of an online quiz application. This component is responsible (see Fig.1) for:

- selecting a set of questions for a particular student;
- visualizing the questions;
- gathering and evaluating user answers;
- syndicating students results and exporting the results in a form suitable for a teacher.

Evaluating quiz answers.

Automatic evaluation of user answers is one of the most desirable features of any e-learning platform. The algorithm of automatic evaluation essentially depends on a selected type of user input. The algorithm may be very simple if the answer is expected in a form of checkboxes or radio buttons. In this case, the teacher simply "inputs" a correct answer to the system, and the system compares two strings - the teacher's answer and a particular student's answer. In case of numeric input, the task is a bit more complex - teacher defines upper and low limits for the input value, and the system checks that the provided value matches the interval. In case of short textual inputs a so-called regular expressions may be used to evaluate user answers in many cases. Obviously, not a single of the above mentioned methods, can be used to evaluate user answers containing fragments of source text in general, and SQL queries in particular.

It seems that the only way of automatic evaluation of such fragments is execution of sources using a relevant software environment. Thus, if we speak about programming in C++, there must be a C++ compiler installed, additionally there must be a number of test inputs (test cases) to run the compiled module.

In the case of database assignments, the situation is even more complex. Any query definition (SQL) can be executed if:

- an instance of DBMS is installed on the server;
- a special database (repository of data plus database schema) was previously created;
- a test database content (a set of test table rows) was added to the database.

On first glance, automatic evaluation of SQL queries can be done via simple comparison of output of a particular SQL query and a predefined correct output provided by a teacher. In reality, the situation is not so straight forward. In SQL, there might be a number of different query definitions that produce identical results.

To distinguish different questions, every question gets a unique ID that is used to attach further parameters to the question. To implement an automatic evaluation of answers, the following parameters must be defined for each question.

- a database schema and test content, this definition may be shared by a number or even all questions in a particular question pool;
- maximum number of points that can be achieved;
- a definition of the SQL fragments that is expected as a correct result.

As a student formulates an answer (provides a source query code), the text is automatically submitted to the laboratory via a web-service, executed and automatically evaluated using the following algorithm:

- if the source SQL fragment cannot be run by the DBMS, get an error message from the DBMS, and return 0 points + error message.
- if the source SQL fragment returns a result from the database:
 - if the result does not match the predefined correct result, return 0 points + invalid result;
 - if the result match the predefined correct result,
 - calculate a distance between the SQL fragment and a correct query definition using Levenshtein Metric,
 - normalize the distance for 0 - 100 percents, where 100% means that the two query definitions are absolutely identical, and 0% means that the strings have nothing in common,
 - return a rounded value of $[\text{max.number of points}] * [\text{Levenshtein Distance}] / 100$;

Course diary

To understand the course diary paradigm, just imagine that a student wants to record the progress with a particular course in a form of brief weekly text chunks published regularly (say, once a week). Imagine further that a teacher prescribes to students dates when and in which form such diary entries must be done. For example, a teacher may request students to answer a couple of questions at the end of each teaching week or after finishing a certain topic. Moreover, the teacher may request students to make diary entries in a form of files that must be produced as home works and uploaded to the server. Thus, we can say that a teacher defines a number of tasks that must be fulfilled by students throughout the course. Speaking about a "database" course, we can see that the tasks may significantly vary, but generally each task requires performing a certain element of a database application design, for example, developing a database schema, proving that database schema is in particular normal form, implementing a database transaction, etc.

Block 01: Databases and WWW Edit

Practical Work:

- Install a MySQL Database management system and an HTTP server on your local computer.
- Define a database schema, create a database with a test content, and define a SQL query.
- Develop an HTML document, and publish it on your HTTP server.

Reporting Results:

- Make an SQL dump of your database (File 1), copy paste a protocol of running your SQL query including output from DBMS (File 2).
- Access the previously created HTML file (File 3) on your server with any browser, and make a screendump of the browser screen (File 4).
- Make a "Block_01.zip" out of these four files and upload it here.

File:

Further Comments:

Evaluation: 4 Points - Well done

From 20/03/2016 00:01 Till 11/04/2016 23:59
Done: 08/04/2016 09:11

Fig.3 Course diary

Evaluating course diary.

Evaluating course diary is a very tedious and time-consuming teacher task. The teacher must download 100s of files on a local computer, execute them, evaluate sources and results, etc. At the same time, automatic evaluation of such diary entries does not seem to be feasible. To help teachers in performing their duties we offer a concept of automatic generation of a report for evaluation. Simply stated, the teacher evaluates not a student's diary entry that may consist of a number of files of different formats and meanings, but a so-called evaluation report that automatically build by the system, and consists of texts taken from original files, results of compiling/running original files, quantitative characteristics of original files - size, number of works, distance to a template, etc. To produce an evaluation report a special work-flow script must be defined for each diary entry. The work-flow script is a list of specific actions that are selected from a set of predefined actions. The actions are performed on files submitted by students. The actions might be:

- unzipping of a submitted archive;
- sending a particular file to an online laboratory via a web service and including results into the report;
- searching for a particular fragment in an original file and inserting it into the report;
- calculating a number of words in the original file and inserting the result into the report;

- calculating a distance between an original file and a template file and inserting the result into the report;
- calculating a distance between a result received from the online laboratory, and a predefined result and inserting the result into the report.

Thus, as a student uploads a new diary entry, an evaluation report is automatically generated using a predefined work-flow script. The teacher can simply access the evaluation report that contains all the information necessary for evaluation of the entry.

The method of generating evaluation reports significantly simplified the teachers work on evaluation of course diaries and gave a positive effect on student satisfaction with the evaluation (see below).

The image shows two code editors. The top editor, titled 'block01.html', contains the following HTML code:

```

<!doctype html>
<html class="no-js" lang="">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>Modern Information Systems - Block01</title>
  </head>
  <body>
    <h1>Modern Information Systems - Block01</h1>
    <h2>File created by Oskar Bechtold</h2>
  </body>

```

The bottom editor, titled 'mis_block01_2015-10-14.sql', contains the following SQL dump code:

```

# *****
# Sequel Pro SQL dump
# Version 4499
#
# http://www.sequelpro.com/
# https://github.com/sequelpro/sequelpro
#
# Host: localhost (MySQL 5.5.42)
# Datenbank: mis_block01
# Erstellt am: 2015-10-14 18:13:36 +0000

```

Fig.4 Automatically generated report on a student's diary entry.

Conclusion

The online laboratory was practically implemented and actively used for the "database" courses at the Graz University for Technology, Graz, Austria in the years 2015 and 2016. More specifically, a quiz on databases (10 questions) was done by 350 - 400 students each year. The quiz consists of 6 multi-choice questions, and 4 free-text SQL questions. In former times, multi-choice questions were automatically evaluated by the system, free-text questions were manually evaluated by teachers and tutors. The average work load for the evaluation of a single questionnaire was assessed as about 21 minutes. For 350 students it was about 130 working hours. Since the SQL queries were mainly evaluated manually, there was a high number of students' requests for additional inspection of their answers and results. About 30 students asked for additional inspections each year,

and unfortunately, in 10% of cases of additional inspection, the manual evaluation needed to be corrected. With the introduction of the online laboratory, the work load required for evaluating the quizzes, dramatically went down, thus, we needed an average of two minutes to evaluate a particular course quiz, or about 12 working hours altogether. What is perhaps even more important, there were no requests for additional inspection of evaluations. Students saw the results of practical execution of their queries, definition of correct SQL queries, and could understand easily why they lost points for a particular wrong answer. A very similar picture can be reported in comparison of manual and semi-automatic evaluation of course diaries.

REFERENCES:

- [1] Bolliger, DU., Wasilik, O., "Factors influencing faculty satisfaction with online teaching and learning in higher education", *Distance Education* 30 (1), 103-116 (2014)
- [2] Martín-Blas, T., The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in Physics, A Serrano-Fernández, *Computers & Education* 52 (1), 35-44 164 (2009)
- [3] Liu, SH., Liao, HL., Pratt, JA., Impact of media richness and flow on e-learning technology acceptance, *Computers & Education* 52 (3), 599-607 162 (2009)
- [4] Ozkan, S., Kosele, R., Multi-dimensional students' evaluation of e-learning systems in the higher education context: An empirical investigation, *Computers & Education* 53 (4), 1285-1296 145 2009
- [5] Lonn, S., Teasley, SD., Saving time or innovating practice: Investigating perceptions and uses of Learning Management Systems, *Computers & Education* 53 (3), 686-694 145 2009
- [6] Dietinger T. & Maurer H. "GENTLE – General Network Training and Learning Environment", *Proc. of ED-MEDIA98 / ED-TELECOM 98*, Freiburg, pp. 274–280 (1998).
- [7] Ebner, M., Scerbakov, N., Maurer, H. "New Features for eLearning in Higher Education for Civil Engineering", *Journal of Universal Science and Technology of Learning*, Vol. 1, No. 1, pp. 93 – 106 (2006)
- [8] Ebner, M., Scerbakov, N., Tsang, P., Holzinger, A. (2011). *EduPunks and Learning Management Systems – Conflict or Chance?* - in: *Proceedings of International Conference on Hybrid Learning IHCL 2011 Springer Lecture Notes in Computer Sciences LNCS 6837*. (2011), S. 224 – 238
- [9] Scerbakov, A., Ebner, M., Scerbakov, N. (2015). *Using Cloud Services in a Modern Learning Management System*. *Journal of Computing and Information Technology* 03/2015; 23(1):75-86.
- [10] N.Scerbakov, TU Graz Teach-Center, Aviable: <http://tugtc.tugraz.at/wbtmaster/welcome.html> [13.05.2015]



NCSIE

Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ «МЕХАТРОННЫЙ ГИДРОПРИВОД ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН»

Александр Елепов, Александр Кучин, Виктор Лебедев

Кафедра транспортно-технологических машин, оборудования и
логистики

Северный (Арктический) Федеральный университет
имени М.В. Ломоносова

Набережная Северной Двины, 17

163002 Архангельск, Россия

e-mail: akouchine@Rambler.ru

Реферат

В статье рассматриваются вопросы повышения качества подготовки выпускников по направлениям ФГОС ВО 15.03.02 и 23.03.03. Изложены цели, задачи и дидактические аспекты реализации междисциплинарного профессионального модуля «Мехатронный гидропривод транспортно-технологических машин» в учебном процессе.

Ключевые слова: мехатронный гидропривод, качество образования, лабораторная база, междисциплинарный профессиональный модуль, профессиональные компетенции.

В большинстве отраслей Субарктического региона Российской Федерации активно эксплуатируются транспортно-технологические машины (ТТМ), оснащенные высокотехнологичным мехатронным приводом (дорожно-строительная, горнодобывающая, нефтегазовая и сельскохозяйственная отрасли, транспортный и лесозаготовительный

комплексы, коммунальное хозяйство и др.). Целый ряд проблем, таких как слабая сервисная база, малоразвитая транспортная инфраструктура, отсутствие подготовки высококвалифицированных кадров для сервиса и эксплуатации ТТМ, придает проблеме эксплуатации ТТМ особую актуальность.

Конструкция современных ТТМ представляет собой интеграцию электрических, электронных и механических компонентов, является мехатронной системой, которая базируется на взаимодействии приводов, электронной и микропроцессорной техники и информационных систем. Этот посыл коренным образом изменяет требования, предъявляемые к выпускникам по направлениям подготовки 15.03.02 "Технологические машин и оборудование" и 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов" [1,2] в области эксплуатации высокотехнологичных ТТМ, оснащённых мехатронным гидроприводом. На первое место выходят знания и навыки в освоении всех компонентов систем с электронным управлением.

С целью повышения качества подготовки выпускников востребованных работодателями, в институте энергетики и транспорта Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова в рамках программ подготовки бакалавров по направлениям 15.03.02 и 23.03.03 разработан междисциплинарный профессиональный модуль «Мехатронный гидропривод транспортно-технологических машин».

Данный учебный модуль, реализуемый «Кафедрой транспортно-технологических машин, оборудования и логистики» обеспечит эффективное выполнение следующих задач:

- приобретение знаний и навыков в освоении всех компонентов систем с электронным управлением движения ТТМ, оснащённых мехатронным гидроприводом;
- реализации компетентностно-ориентированого подхода к обучению бакалавров и магистров;
- формирование модульного принципа построения учебного рабочего плана;
- формирование развитие системы повышения квалификации и подготовки кадров, в том числе дистанционного обучения;
- подготовку высококвалифицированных выпускников в области сервисного сопровождения и технической эксплуатации ТТМ оснащенных современным мехатронным гидроприводом

Для разработки учебного профессионального модуля и создания соответствующей лабораторной базы на основе накопленного опыта

ведущими инженерными ВУЗами нами принята следующая дидактическая последовательность реализации учебной программы:

- теоретическая гидромеханика;
- элементная база систем гидроавтоматики;
- гидравлические машины и гидропривод;
- системы электрогидроавтоматики;
- системы управления мехатронным гидроприводом;
- эксплуатация и сервисное сопровождение систем мехатронного гидропривода.

В основу формирования лабораторной базы заложен современный принцип освоения профессиональных знаний, который включает три уровня: базовый уровень, уровень применения приобретенных знаний, уровень использования приобретенных знаний (в нашем случае это эксплуатация и сервис реальных ТТМ, а именно харвестеров и форвардеров). В рамках программы развития САФУ имени М.В.Ломоносова в 2011-2015г.г. при кафедре транспортно-технологических машин, оборудования и логистики была создана межкафедральная лаборатория «Гидропневмоавтоматики». Созданная межкафедральная лаборатория «Гидропневмоавтоматики» вместе с имеющейся «Лабораторией многооперационных лесных машин» обеспечили необходимое наполнение учебно-лабораторной базы для реализации профессионального модуля «Мехатронный гидропривод транспортно-технологических машин». Информация о составе лабораторной базы сведена в таблицу 1.

Структура междисциплинарного профессионального модуля «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин» приведена в таблице 2. В составе этого модуля предусмотрен учебный модуль «Мехатронный гидропривод ТТМ» для образовательных программ по направлениям подготовки 15.03.02 и 23.03.03 (таблице 3).

Таблица 1. Состав лабораторной базы

Дидактический уровень	Состав	Виды профессиональной деятельности	Умения, навыки
1	2	3	4
Базовый уровень	Два односторонних стенда Festo с комплектами лабораторных работ: TP501	производственно-технологическая; экспериментально-исследовательская	-знать устройство и принцип работы основных элементов гидропривода; -уметь читать и составлять

	<p>гидроавтоматика, базовый уровень; TP502</p> <p>гидроавтоматика, продвинутый уровень; TP601</p> <p>электрогидроавтоматика; TP610 измерение в системах гидроавтоматики; TP700 пропорциональная гидравлика; TP801, TP802, TP803 мобильная гидравлика; учебное ПО FluidSim H. Компьютерный класс на 10 ПЭВМ.</p>		<p>гидравлические схемы;</p> <p>-уметь проводить измерение температуры, давления и расхода рабочей жидкости;</p> <p>-уметь определять КПД гидравлической машины;</p> <p>-уметь анализировать результаты измерений основных параметров рабочей жидкости.</p>
Уровень применения	<p>Стенд для изучения работы гидропривода «Гидросистема открытого типа»;</p> <p>Стенд для изучения работы гидропривода «Гидросистема закрытого типа (гидростат)»;</p> <p>Лаборатория программирования логических контроллеров на 8 мест.</p>	<p>производственно-технологическая;</p> <p>сервисно-эксплуатационная</p> <p>экспериментально-исследовательская</p>	<p>-уметь собирать гидравлические схемы;</p> <p>-уметь производить поиск, локализацию и устранение неисправностей в системах гидропривода;</p> <p>-иметь представление о режимах эксплуатации и методах настройки и управления мехатронным гидроприводом.</p>
Уровень использования (реальные ТТМ)	<p>Тренажер-симулятор харвестера (2шт);</p> <p>Тренажер-</p>	<p>сервисно-эксплуатационная</p> <p>производственно-</p>	<p>-иметь навыки и знания для освоения рабочих профессий</p>

	симулятор харвестера на динамической платформе; Форвардер Четра; Харвестер Silvatek-Silvaner; Лесной полигон	технологическая; экспериментально-исследовательская	«Оператор трелевочной машины» и «Оператор лесозаготовительной машины».
--	---	--	--

**Таблица 2. Профессиональный модуль
«Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин»**

№	Наименование дисциплины/модуля из учебного плана	Трудоёмкость, ЗЕТ	Семестр
1	Эксплуатация и сервис ТТМ	22	2-7
2	Мехатронный гидропривод ТТМ	20	3-7
3	Учебная практика	4,5	4
4	Производственная практика	6	6
5	Преддипломная практика	3	8
ВСЕГО, ЗЕТ		55,5	

**Таблица 3. Учебный модуль
«Мехатронный гидропривод транспортно-технологических машин»**

№	Наименование дисциплины/модуля из учебного плана	Трудоёмкость, ЗЕТ	Семестр
1	Механика жидкости и газа	2	3
2	Гидравлические машины и приводы	5	5
3	Средства электрогидроавтоматики	3	6
4	Программирование логических контроллеров	3	6
5	Управление техническими процессами	2	5
6	Системы управления ТММ	2	7
7	Сервисное сопровождение мехатронных гидроприводов и систем ТТМ	3	7
8	Учебная практика	3	4
9	Производственная практика	3	6
10	Преддипломная практика	1,5	8
ВСЕГО, ЗЕТ		27,5	

За основу формирования дисциплин 1,2 и 3 модуля «Мехатронный гидропривод ТТМ» взята программа учебного тренинга компании «FESTO РФ» НУ171 – «Основы функционирования систем промышленной гидроавтоматики и электрогидроавтоматики» [3].
Дидактическое наполнение дисциплин включает следующие элементы:

- физические основы гидравлики;

- условные обозначения и правила составления принципиальных гидравлических и электрических схем по DIN ISO 1219;

- основные понятия гидравлики;

- назначение, устройство и принцип действия гидравлических и электрогидравлических элементов исполнительной подсистемы: насосные станции, распределители, запорные клапаны, клапаны давления, регуляторы расхода, дроссели, гидроцилиндры, гидромоторы, устройства выдачи сигналов;

- назначение, устройство и принцип действия гидравлических элементов управляющей подсистемы: распределители с ручным, механическим, гидравлическим и электромагнитным управлением; клапаны давления, запорные клапана, дроссели, реле, датчики давления;

- назначение и принцип действия электрических устройств: источники постоянного и переменного тока; электромагниты, электрические переключатели, реле и датчики;

- основные гидравлические и релейные схемы управления

Практическая составляющая дисциплин блока направлена на разработку, сборку, наладку, проверку и поиск неисправностей систем мехатронного гидропривода.

За основу формирования дисциплины 4 модуля «Мехатронный гидропривод ТТМ» взята программа учебного тренинга компании «FESTO РФ» PLC211 – «Программируемые контроллеры SIMATIC S7 — 300/400. Основы функционирования» [3]. Дисциплина ведется на базе лаборатории программирования логических контроллеров, укомплектованных платформами с исполнительными механизмами из учебной системы MecLab с контроллерами LOGO на 8 мест.

Исходя из потребностей рынка труда, междисциплинарный профессиональный модуль обеспечивает подготовку выпускников ориентированных на конкретные виды профессиональной деятельности:

- экспериментально-исследовательская;

- производственно-технологическая;

- сервисно-эксплуатационная.

Обучающиеся, успешно освоившие междисциплинарный профессиональный модуль «Мехатронный гидропривод ТТМ», приобретают такие профессиональные компетенции как:

- способность к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовка (ПК-1, 15.03.02);

- способность к анализу передового научно-технического опыта и тенденций развития технологий эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (ПК-18, 23.03.03);

- умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов (ПК-2,15.03.02);

- готовность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы по совершенствованию технологических процессов эксплуатации, ремонта и сервисного обслуживания транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения, их агрегатов, систем и элементов, проводить необходимые расчёты, используя современные технические средства (ПК-22, 23.03.03);

- умение проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования (ПК-13, 15.03.02);

- владение знаниями технических условий и правил рациональной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, причин и последствий прекращения их работоспособности (ПК-15, 23.03.03);

- способность использовать в практической деятельности данные оценки технического состояния транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, полученные с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам (ПК-39, 23.03.03).

[1]. Стандарт высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 "Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата)"

[2]. Стандарт высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (уровень бакалавриата)"

[3]. Учебные тренинги компании «FESTO РФ» <http://www.festo-didactic.com/ru-ru/4442/6213/?fbid=cnUucnUuNTcxLjI5LjI5LjYyMTM>



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ИНТЕРНЕТ-ЛАБОРАТОРИЯ КАК ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКЕ

Виктор Андреев¹, Кирилл Кирсанов²

¹Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
Вадковский пер., 1
127055 Москва, Россия
e-mail: andreevvipa@yandex.ru

²Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН
Миусская пл., 4
125047 Москва, Россия
e-mail: kkirsanov@gmail.com

Реферат

Описана технология создания Интернет-лаборатории, основанная на организации территориально-распределённого управления мехатронными устройствами через Интернет. Предложена иерархическая структура организации управления группировкой роботизированных устройств, посредством которой выполняется объединение через VPN-каналы Интернет информационно-измерительных и управляющих систем этих устройств в локальную вычислительную сеть с мобильными узлами. Предложена программно-аппаратная архитектура взаимодействия мехатронных устройств разных моделей и производителей, базирующаяся на «концепции драйверов». Приведены требования к программно-аппаратной платформе объединяемых в группировку устройств. Созданы референсные реализации протоколов обмена сообщениями и драйверов для платформ x86 и Arduino. Реализованы графические интерфейсы пользователя для различных компонентов системы (PTZ-телекамеры, УЗ дальномеры и т.п.) и специализированное децентрализованное «серверное» программное обеспечение, обеспечивающее целостность системы. С помощью данного программного обеспечения выполняется автоматическое конфигурирование территориально-распределённой сети и предоставляется полнофункциональный доступ через

Интернет к мехатронным устройствам (в том числе к отдельным компонентам мобильных роботов). Созданный на основе предложенной технологии программно-аппаратный комплекс обеспечивает в режиме реального времени обратную связь (в том числе видеосвязь) между объектом управления и оператором и позволяет оператору динамически без перезапуска системы выполнять перепрограммирование бортовых вычислительных устройств (в том числе микроконтроллеров). Описана техническая реализация пилотного проекта Интернет-лаборатории на примере супервизорного управления через Интернет учебными мобильными роботами АМУР (МЛ «Сенсорика») и Robotino (Festo) с организацией видеоконтроля исполнения команд.

Ключевые слова: мобильный робот, групповое управление, территориально-распределённое управление, супервизорное управление, информационно-измерительная и управляющая система, локальная вычислительная сеть.

ВВЕДЕНИЕ

Интернет-лаборатория может быть создана на основе территориально-распределённого управления робототехническими устройствами. Реализация такого управления (spatially distributed control) возможна с помощью таких широко известных программных каркасов (framework), как the Robotics Operating System (ROS) and Microsoft Robotics Developer Studio (MRDS), а также их предшественников – Palyer Project, LAAS GenoM и URBI. Эти системы можно условно отнести к “большим”, т.е. включающим в себя множество компонентов для решения разнообразных задач: SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), калибровка сенсоров, обработка изображений и т.п. Однако существуют и “малые” робототехнические фреймворки (frameworks), например, Concurrency and Coordination Runtime (включён в MRDS), осуществляющие лишь передачу сообщений между компонентами.

Перечисленные комплекты программного обеспечения (ПО) эффективно решают поставленную задачу, но лишь в рамках одной территории – лаборатории, цеха, завода; т.е., они **не решают** задачу территориально-распределённого управления (geographically distributed control). Вследствие этого в них отсутствует механизм организации управления через Интернет мехатронными устройствами с визуальной обратной связью для наблюдения за исполнением команд/программ управления, что особенно критично в системах дистанционного и супервизорного управления. Особенность такого способа управления заключается в организации передачи по каналам Интернет многопоточкового видео и, одновременно, команд/программ управления с учётом задержек в сети и с негарантированным временем доставки пакетов.

Перечисленные системы рассчитаны на работу в рамках локальной вычислительной сети (ЛВС) с устойчивой связью и практически не содержат средств, предназначенных для корректного восстановления работы после сбоя в канале передачи данных. В случае мобильной робототехники, когда коммуникационный канал включает в себя радиоканал, возникает проблема обеспечения устойчивости системы к нарушениям связи и обеспечения высокой

производительности при передаче как длинных сообщений, например, многопоточное видео, так и коротких (команды управления).

Поэтому потребовалась разработка качественно новой программной архитектуры, основанной на технологии территориально-распределённого управления (*geographically distributed control*) группой мобильных роботов. Ниже рассмотрено решение задачи управления через Интернет мобильными роботами (МР) разных моделей и производителей, причём операторы МР могут находиться на географически удалённых территориях, а подключение к Интернет-лаборатории новых мехатронных устройств происходит автоматически без переработки их низкоуровневого программного кода.

Обучение робототехнике требует наличия в учебном заведении «роботариума», оснащённого разнообразным постоянно обновляемым робототехническим оборудованием, что приводит к большим финансовым затратам. Предлагаемая технология может использоваться для дистанционного обучения робототехнике путём организации полнофункционального доступа через Интернет к технике роботариумов разных учебных заведений (в том числе, из их филиалов).

ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЁННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГРУППОЙ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Цифровое представление данных в информационно-измерительной и управляющей системе (ИИУС) мобильного робота позволяет выполнить объединение его электронных и мехатронных компонент в локальную вычислительную сеть (ЛВС) с мобильными узлами [2]. Такой способ объединения даёт возможность распространить свойства сетевой организации на структуру ИИУС как отдельного, так и нескольких МР, используя для этого сетевые технологии. Наиболее существенными в нашем случае следует считать такие свойства, как *реконфигурируемость* и *масштабируемость*. Эти свойства означают возможность легко наращивать или изменять любые ресурсы МР: датчики, вычислители, микропроцессоры, формирователи радиоканала, а также иные IP-системы, в том числе объединять ИИУС нескольких МР в единую территориально-распределённую систему [3].

Использование сетевых технологий позволяет организовать территориально-распределённое «многооператорное» управление группировкой МР. Термин «многооператорное» означает, что отдельные робототехнические устройства, входящие в группировку, могут управляться операторами, находящимися на разных территориях. Такое управление допускает, при определённых условиях, режим один-ко-многим, т.е. один оператор, если ему предоставлено соответствующее право, может вмешиваться в работу электронных и мехатронных устройств любых входящих в группировку МР, включая динамическое перепрограммирование бортовых вычислительных устройств. Пример такой структуры приведён на рис.1.

Коммуникационная система, предназначенная для организации управления через Интернет и радиоканал группой мобильных мехатронных

устройств, должна обладать следующими свойствами:

- обеспечивать как «непосредственную» (с бортовых телекамер), так и «стороннюю» (вид со стороны из зоны действия МР) визуальную обратную связь для дистанционного наблюдения за исполнением команд/программ управления;
- быть устойчивой к нарушениям связи;
- обеспечивать высокую производительность при передаче как длинных, так и коротких сообщений.

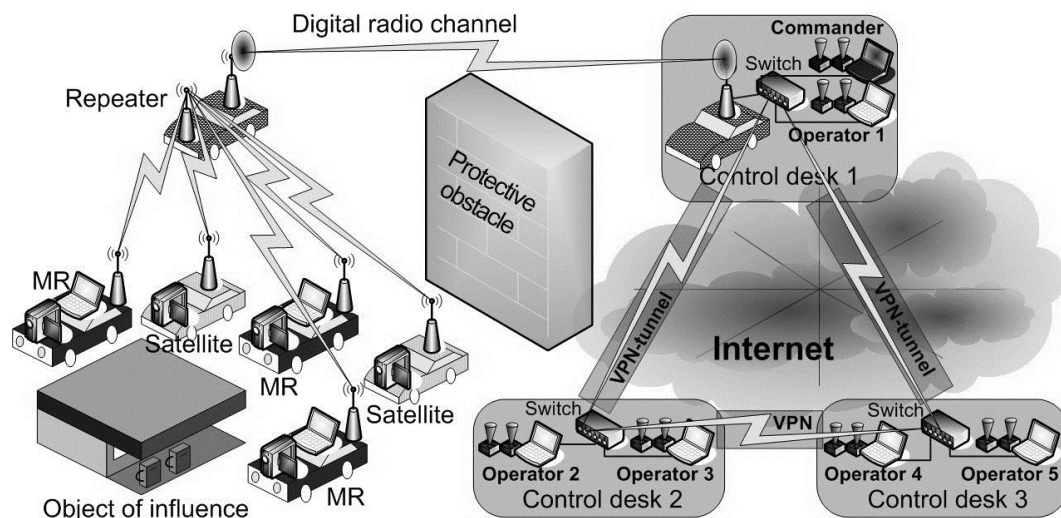


Рис.1. Территориально-распределённое многооператорное управление группировкой мобильных роботов.

Технические и программные решения, позволяющие обеспечить указанные свойства, должны удовлетворять следующим требованиям [4]:

- электронные и мехатронные компоненты ИИУС МР должны быть элементами локальной вычислительной сети с мобильными узлами;
- связь между мобильными и стационарными модулями комплекса должна осуществляться по цифровым радиоканалам (Wi-Fi, Wi-Max и т.п.);
- увеличение дальности и повышение качества радиосвязи следует достигать путём создания оптимальной, оперативно и дистанционно управляемой архитектуры распределённой ИИУС;
- необходимо использовать многокамерную систему технического зрения: несколько телекамер, в том числе с функцией PTZ (Pan-Tilt-Zoom – панорамирование-наклон-масштаб), на борту мобильного модуля и телекамеры на выносных устройствах – «Спутниках» (стационарных или устанавливаемых на мобильных платформах);
- предобработка видеосигналов и сигналов от других сенсоров должна выполняться автономно на борту мобильного модуля (преобразование в цифровую форму, фильтрация шумов, сжатие изображений и т.п.);
- обязателен дистанционный (с пульта управления) оперативный контроль состояния энергосистемы и качества радиоканала;

- пульт управления оператора должен обеспечивать:
 - непрерывное (со стандартной кадровой частотой) отображение видеопотоков со всех телекамер в виде растровых изображений;
 - мнемоническое отображение на экранах мониторов показаний иных сенсоров и состояния контролируемых параметров (в том числе звуковую сигнализацию достижения критических значений);
 - возможность удалённого управления функциями телекамер (например, PTZ) и параметрами узлов ЛВС (например, выбор алгоритма сжатия изображений или его параметров);
 - возможность дистанционно контролировать исполнение на бортовой ЭВМ управляющего кода и динамически вносить в него исправление без перезагрузки системы.
- каналы связи должны быть защищены от несанкционированного доступа (например, за счёт использования VPN-каналов).

Структура, удовлетворяющая перечисленным требованиям, была реализована в виде специализированного программно-аппаратного комплекса (Интернет-лаборатории), ориентированного на супервизорное управление группой учебных мобильных роботов. В основу разработанного механизма сетевого взаимодействия, посредством которого был организован полнофункциональный доступ через Интернет к мехатронным устройствам различного типа, была положена концепция «драйверов».

КОНЦЕПЦИЯ «ДРАЙВЕРОВ»

Минимальным объектом управления в предлагаемой структуре является любое электронное или мехатронное устройство, будь то бортовой вычислитель, микроконтроллер, сенсор, манипулятор, или иной исполнительный механизм. Поэтому одной из ключевых задач, в данном случае, являлась разработка унифицированной системы правил создания ПО для конкретных моделей робототехнических устройств, позволяющих включать мехатронные компоненты в ЛВС без переработки их низкоуровневого программного кода. Иными словами, требовалось разработать конечный набор программных инструкций управления и сетевых протоколов для создания интерфейса программирования приложений (API – application programming interface). Такой интерфейс должен обеспечивать прозрачное интегрирование элементов мехатронного устройства и его ПО в информационное пространство ИИУС комплекса.

Для реализации API предлагается использовать концепцию «драйверов» – для каждого мехатронного устройства должен быть создан унифицированный сетевой управляющий протокол на базе существующих низкоуровневых программных интерфейсов взаимодействия. Тогда производитель мехатронных устройств может сравнительно просто интегрировать своё устройство в сеть, создав лишь дополнительный драйвер, реализующий детерминированные протоколом программные инструкции управления и протоколы сетевого взаимодействия.

При появлении в сети нового мехатронного устройства разработанное ПО подсистемы управления комплексом в процессе взаимодействия с драйвером автоматически включает это устройство в общую сеть. Одновременно выполняется публикация доступных мехатронных устройств и их характеристик в общем каталоге технического описания.

Драйвер каждого мехатронного устройства (установленный на бортовую ЭВМ мобильного робота) представляет собой отдельный вычислительный процесс. Для организации и синхронизации совместной работы этих процессов используются следующие подходы:

- Каждая команда или данные от сенсоров при прохождении каждого узла ЛВС снабжаются *меткой времени*.
- Каждый драйвер содержит собственный экземпляр «*Службы имён*», в которой хранится информация о соседних (с точки зрения сетевой топологии) драйверах.
- В каждом драйвере динамически формируется *граф взаимодействий*, в котором сохраняется информация о соседях.
- Для обмена данными используется *текстовый формат* (ASCII).
- Обмен данными позволяет организовать передачу не только отдельных команд, но и целых программ.

Добавление *метки времени* в сообщения позволяет избежать нарушения последовательности событий при сбоях, точно синхронизировать работу драйверов и учесть временные задержки, а также разность во времени между несколькими территориально-распределёнными узлами сети. За счёт использования алгоритма векторных часов удаётся выполнить синхронизацию, независимую от показаний часов реального времени бортовых ЭВМ.

«*Служба имён*» – это специализированное ПО, которое периодически сканирует сеть и ищет аналогичные службы, а обнаружив, – обменивается с ними всей имеющейся информацией по алгоритму, близкому к распределённым хеш-таблицам – Distributed Hash Table (DHT). Благодаря этому появляется качество *децентрализованности*. Так, например, робототехнический комплекс, настроенный в рамках конкретной ЛВС, без изменений может быть отключён от неё, и при этом не будет нарушено его нормальное функционирование.

Граф взаимодействий представляет собой структуру данных, хранящую информацию о соседних (с точки зрения сетевой топологии) драйверах и их взаимодействиях. Граф взаимодействий автоматически восстанавливается после нарушений связи даже в случае незначительного изменения топологии сети. Тем самым обеспечивается восстановление информационной топологии сети после её разрушения в результате сбоев в каналах связи. Появляется качество *автоконфигурирования*, что позволяет динамически изменять топологию территориально-распределённой ИИУС группировки МР, но в рамках одной сети.

Текстовый формат обмена данными позволяет *упростить отладку* разрабатываемого ПО и организовать взаимодействие с системой *без дополнительных библиотек*, что крайне важно в задачах интеграции.

Для обеспечения интеграции МР в территориально-распределённую группировку необходимо было реализовать не только взаимодействие между электромеханической частью робота и бортовой ЭВМ, но и интегрировать его ИИУС непосредственно в общую иерархию управления.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ АРХИТЕКТУРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

При реализации программно-аппаратного комплекса было обеспечено выполнение следующих свойств:

- универсальность – возможность включения в систему робототехнических и иных мехатронных систем различных моделей и производителей;
- сетевая надёжность – гарантированная доставка пакетов между управляющими интерфейсами комплекса на всех уровнях сетевого взаимодействия;
- гибкость и масштабируемость – децентрализация управления сетевой структурой, её *реконфигурируемость* в режиме онлайн;
- безопасность – защита от несанкционированного доступа к управляющим интерфейсам.

Для формального описания взаимодействия в многоагентной сети была применена модель акторов [5]. В качестве механизма передачи сообщений используется библиотека ZeroMQ, которая выполняет роль высокоуровневой «обёртки» над стандартными сетевыми сокетами операционной системы. Этот механизм включает такие функции, как автоматическое восстановление связи после обрыва без потери контекста, возможность туннелирования через протоколы нижнего уровня: UDP, TCP, IPC, или через PGM (Pragmatic General Multicast). Кроме того, в отличие от более сложных протоколов (например, Concurrency and Coordination Runtime), ZeroMQ достаточно прост, что даёт возможность реализовать его непосредственно на микроконтроллере Arduino с модулем Ethernet Shield, но с некоторыми ограничениями, связанными с его малой производительностью.

Для интеграции мехатронного устройства в систему управления необходимо соблюсти всего лишь два основных требования к программно-аппаратной платформе подключаемого устройства:

- наличие в системе управления интерфейса, позволяющего подключить устройство к сети;
- возможность установить на устройство программу, реализующую минимально необходимое подмножество используемого в системе протокола, т.е. ZeroMQ.

Для адекватного отображения иерархической структуры сети на экранный интерфейс пользователя построен оконно-иерархический интерфейс, базирующийся на подходах, применяемых во фреймовых (мозаичных) оконных менеджерах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная информационно-коммуникационная инфраструктура может использоваться в системе дистанционного образования для организации доступа учащихся к реальным мехатронным системам, расположенным на удалённых территориях, например, для подключения филиалов к лабораторной базе основного учебного заведения. Это позволит сосредоточить технические ресурсы в одном месте и организовать обучение групп студентов дистанционно (из филиалов), не снижая качество обучения. Кроме того, данная структура позволяет объединить территориально разнесённые научно-исследовательские коллективы вокруг какого-либо одного, обладающего соответствующей материально-технической базой.

Предложенная структура была реализована в виде Интернет-лаборатории [4] и показала свою эффективность в части создания действующих VPN-каналов для управления учебными роботами типа «АМУР» (Автономный Мобильный Учебный Робот, МЛ «Сенсорика») и «Robotino» (немецкий концерн Festo). Такой постоянно действующий канал управления через Интернет в настоящее время функционирует между МГТУ «СТАНКИН» (г. Москва) и Центром технологической поддержки образования Международного института новых образовательных технологий (ЦТПО МИНОТ) РГГУ (г. Москва). Аналогичный канал действует также между ИПМ им. Келдыша РАН (г. Москва), ЦТПО МИНОТ РГГУ и ДВФУ (г. Владивосток). Интернет-лаборатория используется для проведения лабораторных работ студентов кафедры «Робототехника и мехатроника» МГТУ «СТАНКИН».

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ: гранты 13-07-01032, 13-07-00988.

ССЫЛКИ

- [1] Emmerich, W. *The impact of research on the development of middleware technology* / Wolfgang Emmerich, Mikio Aoyama, Joe Sventek // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. – N. Y.: ACM – 2008. Vol.17, № 4. – pp.19-48.
- [2] Pryanichnikov V., Andreev V. *The Application of Network Technologies to Constructing Group Controlled Systems with Machine Vision for Mobile Robots* // In Proceedings of the 23th DAAAM Intern. Symp. "Intelligent Manufacturing & Automation" 24-27th October 2012 Zadar, Croatia, 2012. – V.23, No.1, – pp.1167 – 1174.
- [3] Andreev V.P. *Technology Supervisory Control for Mechatronic Devices via the Internet* / V.P.Andreev, K.B.Kirsanov, P.F.Pletenev, Yu.V.Poduraev, V.E.Pryanichnikov, E.A.Prysev // 25th DAAAM Intern. Symp. "Intelligent Manufacturing & Automation". Procedia Engineering, 2015. – V.100, – pp.33 – 40.
- [4] Andreev V. *Education on the basis of virtual learning robotics laboratory and group-controlled robots* / Andreev V., Pryanichnikov V., Poduraev Y., Kuvshinov S. // 24th DAAAM Intern. Symp. on Intelligent Manufacturing and Automation, DAAAM 2013. Procedia Engineering, 2014. – V.69. – pp.35 – 40.
- [5] Carl Hewitt, et al. *Actor Induction and Meta-evaluation* // Conference Record of ACM Symposium on Principles of Programming Languages, January 1974.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

SPBPU'S EXPERIENCE IN FESTO TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION IN JOINT INTERNATIONAL EDUCATIONAL PROGRAMMES

Ekaterina V. Potekhina, Vyacheslav V. Potekhin, Elena N. Selivanova,
Viacheslav P. Shkodyrev

Department of CST
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
St. Petersburg 195251, Russia
e-mail address of lead author: cst@icc.spbstu.ru

Abstract

Joint educational programmes offer opportunities to integrate partners of universities in the fields of research, development and education in order to solve such problems as improving the quality of teaching, search for new forms of effective interaction between scientific and educational schools of partners, introduction of innovative educational technologies.

In this paper we describe issues of organisation of educational programmes realising model “two diplomas in two years”, implementation of Festo technologies in educational process and further development of Synergy project realised between SPbPU and partner universities.

Possibilities of Festo technologies implementation in network educational programmes are introduced too.

INTRODUCTION

International academic cooperation keeps actively developing in constantly changing world. Interest of Russian students in studying abroad and interest of foreign students to study in Russia is keep on growing. One of the directions of international academic cooperation is development and realisation of international educational Master's degree programmes particularly in

cooperation of Russian partner university and European partner university. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University has very wide experience in developing and realisation this kind of programmes in English language with such European partner-universities as Leibniz Universität Hannover (Germany), Lappeenranta University of Technology (Finland) and City University London (Great Britain). Approach to realisation of double degree programmes is shown on the Fig. 1. [1,2]. According with the schedule of educational programme, students, enrolled in the programme, study during the 1st and 2nd semesters at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, and the next two semesters in European partner-universities. Continuation of the study for the second year in partner-university is possible only after successful completion of the first year in Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. At the end of the second semester of the first year university provides to the partner academic record of students' results. All kinds of studies are conducted in English, and the curriculum and content of the courses allow them to be fully recognised by the partners [2,3]

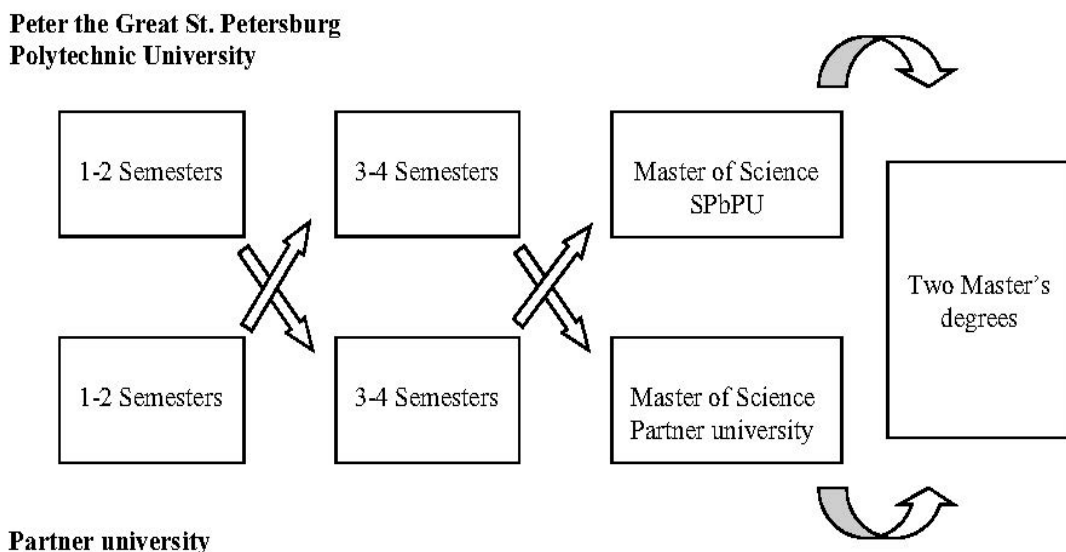


Fig. 1. Schedule of educational process in Master's double degree programme.

Graduates of the programme are able to receive diploma of SPbPU in case of full compliance of the programme to Russian federal state educational standard. In accordance to that 45% of the programme is devoted to scientific research work and practice. Research work of student is very important part of Master's degree programmes in most universities. [3] The most part of the disciplines in curriculum in partner-universities include not only lectures and seminars but also elements of individual or group research work and Master's

thesis contains parts devoted to experiment. The field of research is determined by the professors of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University and partner-university for each student individually at the beginning of the programme. The list of possible topics of students research work is as follows:

- Machine learning;
- Intelligent navigation systems;
- Information security;
- Intelligent adaptive control systems;
- Industrial automation systems;
- Robotic systems (industrial, mobile and hybrid robotics);
- Decision making support systems, knowledge bases, expert systems;
- Intelligent systems for signal and image processing;
- Distributed Computing

That is why for acquisition of the competences, knowledge and practical skills modern educational laboratory equipment is necessary.

One of the leading companies that provides educational laboratory equipment in industrial automation control is Festo Didactic. Experience of international cooperation not only with mentioned above universities confirms that Festo equipment is used widely in laboratories of SPbPU partner-universities.

Further implementation of Festo equipment in educational process can be based on the experience gained in long-term cooperation of universities in the framework of International University Network Project “Synergy”.

INTERNATIONAL UNIVERSITY NETWORK PROJECT “SYNERGY”

International university network project “Synergy” aims to organise cooperation of universities, state education authorities and professional communities in the development of new educational technologies to facilitate students’ career guidance in research and innovation. “Synergy” with the support of Festo Didactics provides interaction through mechatronics laboratories of the following universities-participants of the project – Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Moscow Power Engineering Institute (Technical University), Baltic State Technical University, Omsk State Technical University, Karaganda State Technical University, Sevastopol State Technical University. Remote access to these laboratories for students of all universities – participants is provided. In 2014 Northwest Interuniversity Regional Educational and Scientific NW IRC "SPbPU-Festo" Synergy" was founded in Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. The Centre together puts its main task more efficient use of the intellectual potential and high-tech equipment, as well as a focus of educational programmes, improving the efficiency of scientific research in collaboration with leading companies.

The activities of the Centre are aimed at developing and implementing educational programmes for engineers. Educational programmes are based on specific disciplines in the field of control, automation and drive systems. As part of the educational programmes will be carried out modernisation of existing ones and development of new programmes; preparation of the necessary guidelines and manuals, updating and creation of experimental base and laboratory complexes.

Currently, the Centre has laboratory equipment allows improving students skills in design of integrated intelligent control systems and management of complex distributed objects, systems and processes in a large flow of information and the lack of predictable control algorithm. The equipment included:

- 24 places for the development of the skills of designing control systems of industrial objects and technological processes (based on SIMATIC SIEMENS PLC);
- Educational Laboratory Complex company Festo FMS500;
- Stand fault-tolerant industrial control system of the upper level;
- The system of distributed digital sensors industrial electronics;
- Industrial Monitoring System Siemens SiPLUS CMS;
- Hardware-software complex NI Embedded Vision System for GigE Vision;
- Hardware-software complex control system based on LabView;
- Software LabView Robotics software bundle.

In June 2015 two students of SPbPU took part in on-line thesis presentation organised in the framework of Project “Synergy” between universities-participants of the Project. The topics of their thesis were “Development of technological processes models for medium-scale production in machine building”, “Mathematical modeling of optimal industrial programs in machine building”. Students were awarded certificates confirming that they successfully completed educational programme with implementation of Festo Didactics technological complexes.

Students of Bachelors degree programmes in the field of control in technical systems are involved in activities of “SPbPU-Festo” Centre too. Students took part in open championship Worldskills in Mechatronics competence. The team of SPbPU won the first place in St. Petersburg and Leningrad region.

Along with the double degree programmes it’s becoming very prospective to realise short-term programmes of intensive training. [4] In May 2015 there was realised international network programme “Intelligent Control Systems” in cooperation with Belarusian-Russian University. Student showed interest in the programme especially in the practical part organised in educational laboratories equipped by Festo Didactics complexes. In October-November

2015 this short-term programme will be realised one more time upon request of partner-university.

DISTANCE LEARNING COURSE

Starting from spring 2015, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University is actively developing distance-learning courses on the platform Open Education. One of the courses is "Modern Industrial Electronics". It is developed basing on laboratories of SPbPU. The main objective of the course is to develop understanding of the structure and purpose of modern industrial electronics in the framework of control systems. Students study the basic requirements for software and hardware, structures and processes implemented within the functional-logical organisation of automated technological processes; master the principles of implementation of the control algorithms and real processes equipment, including control in technical systems of the top level. The course introduces basic components of modern systems industrial electronics:

- subsystem for data acquisition and processing (sensors, various means of measurement);
- actuating elements;
- control devices - industrial controllers;
- channels for data collection, transmission and processing - industrial networks, combines the individual elements into a system;
- SCADA systems, providing interaction with a human operator controlled equipment, and allows controlling its operations.
- Students acquire the following skills:
- choose, create and maintain complex software and hardware to create by computing and information systems and networks;
- formulate and solve circuit engineering problems associated with the choice of the Elements requirements for specified parameters APCS;
- install, test, test and use hardware and software for computer information systems and automation systems.

Analysis of the employer's demand for graduates of double degree and university network international educational programmes in the field of information technology, control systems and automation has shown that graduates can successfully work in research institutes, enterprises, in the business, including foreign and joint organisations and companies. Graduates are well prepared to the PhD programmes in Russian and foreign universities. Experience of joint programmes implementation showed that developed materials and techniques can be successfully used in educational programmes such as summer and winter schools, research training programmes of students,

international semesters, etc. and also can be the basis for innovative educational programmes in the field of information technology, control systems and automation.

CONCLUSION

Developing of joint and network international educational programmes allows to provide academic mobility of the students and teachers of Russian and foreign partner universities, to stimulate the development of academic activities and technical infrastructure of partner universities, to improve the management of the educational process, to position partner universities as key institutions providing innovative methods of teaching and training.

ACKNOWLEDGEMENTS

The article is published in the framework of the project TEMPUS 544490-Tempus-1-2013-1-ES-TEMPUS-JPCR and describes the part of the project conducted by SPbPU.

REFERENCES

- [1]] Shkodyrev V.P., Potekhina E.V., Babakina N.A., Selivanova E.N. Report on activity № 2.2.3 Development and realisation of educational process in joint international educational programmes for Masters SPBSPU, St. Petersburg.
- [2] Potekhin V.V., Shkodyrev V.P., Potekhina E.V., Selivanova E.N. Double degree programme in engineering education: practice and prospects; 41st SEFI Conference (2013). [1] Surygin A.I., Potekhina E.V., Potekhin V.V. Curriculum Design Aligned with Russian National and EUR-ACE Standards. Master degree programme in the field information technology and computers. Proceedings of 40th annual conference SEFI 23-26 September, Thessaloniki, Greece, p 372-373.
- [3] Surygin A.I., Potekhina E.V., Potekhin V.V. Curriculum Design Aligned with Russian National and EUR-ACE Standards. Master degree programme in the field information technology and computers. Proceedings of 40th annual conference SEFI 23-26 September, Thessaloniki, Greece, p 372-373.
- [4] Malyugin V.I., Arseniev D.G., Potekhin V.V. Experience of St. Petersburg State Polytechnic University in realising of educational and research programmes for teaching staff and specialists in Vietnam. Proceedings of International Scientific and Practice conference “Community, Science and Innovations”, Ufa, Russia 14 December 2014 pp. 211—215.



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА МЕТОДОЛОГИЙ ПРЕДВИДЕНИЯ И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Горелова Галина Викторовна, Жертовская Елена Вячеславовна,
Тюшняков Виталий Николаевич, Якименко Марианна Владимировна

ИТА ЮФУ

г. Таганрог, Россия
gorelova-37@mail.ru

Реферат

Представлена когнитивная методология моделирования сложных систем (социально-экономических, политических и других) и её инструментарий. Методология предназначена: для описания, объяснения, моделирования структуры и поведения сложной системы; для анализа динамики её развития и предвидения развития ситуаций; для разработки и обоснования стратегий устойчивого и безопасного социально-экономического развития региона.

DEVELOPING STRATEGY OF THE REGION ON THE BASIS OF SYNTHESIS METHODOLOGY OF FORESIGHT AND OF COGNITIVE MODELING

Gorelova Galina, Zhertovskaya Elena, Tyushnyakov Vitaly,
Yakimenko Marianna

DEVELOPING STRATEGY OF THE REGION ON THE BASIS OF SYNTHESIS METHODOLOGY OF FORESIGHT AND OF COGNITIVE MODELING

Abstract

The cognitive Modelling Methodology of complex systems (socio-economic, political and other) and its toolkit. The methodology is intended: to describe, explain, modeling the structure and behavior of a complex system; for the analysis of its development dynamics and foresight of situations; for developing and justification strategies for sustainable and secure socio-economic development of the region.

В основу системы взглядов на явления, процессы и генеральный замысел, определяющих стратегии развития региона в его взаимодействии с сопредельными регионами, положена *концепция когнитивного моделирования сложных систем*.

Разработанная [1-7,9,10] на основе синтеза моделей и методов предвидения будущего и когнитивного моделирования [3], включающая модели системной динамики [8-10] и методы интеллектуального анализа данных, является инструментом исследования и поддержки принятия решений, теоретически позволяет проектировать стратегии совместного инновационного развития регионов, обеспечивающих в долгосрочной перспективе устойчивое повышение качества жизни населения, динамичное инновационное развитие экономики, национальную безопасность. Создание методологии и системно-аналитического инструментария для исследования свойств сложной системы, генерирования и оценки сценариев инновационного развития таких систем является актуальной теоретической и практической задачей, поскольку большинство существующих подходов к ее решению основывается на бессистемном улучшении отдельных подсистем и элементов без видения ситуации в целом.

Разработка комплексной методологии начиналась, в основном, на базе работ [11-18].

Системообразующей в комплексной методологии является метамодель исследования (опирается на работу [13]), представляющая собой множество из моделей: сложной системы и окружающей её среды (когнитивные модели); поведения системы (модели системной динамики, сценарное моделирование, импульсное моделирование процессов); измерения состояния системы и окружающей среды; управляющей системы; предвидения будущего (прогнозирования, сценарного развития), наблюдателя (ЛПР); метамодель задает программу и планы исследования. Комплексная методология процедурно реализует междисциплинарный подход, позволяет в единой исследовательской схеме решать последовательность задач: идентификации объекта и окружающей среды в

виде когнитивных моделей разного типа, исследования устойчивости, сложности, связности, чувствительности, сценарного анализа, предвидения развития систем и других системных задач, что требуется для теоретически глубоко обоснованного проектирования стратегий инновационного развития региона как сложной эколого-социально-экономической и политической системы в ее взаимодействии с другими региональными системами. В отличие от большинства известных в мире только субъектно-ориентированных когнитивных исследований комплексная методология направлена на объектно-ориентированные исследования. Существующие модели, методы, программные системы, используемые при когнитивном моделировании в других когнитивных науках не имеют целью исследования сложных систем (социально-экономических, экологических, политических) и не формализуют принцип междисциплинарности.

Разработанная комплексная методология применительно к задачам инновационного развития региона предназначена:

1) для описания, объяснения, моделирования структуры и поведения социально-экономической системы региона, 2) для анализа динамики развития региона и прогнозирования развития ситуаций, 3) для разработки сценариев возможного устойчивого и безопасного развития региона, 4) для разработки и обоснования управленческих решений, направленных на эффективное управление регионом, для разработки научно обоснованных стратегий инновационного развития региона.

Основными этапами применения комплексной методологии, когнитивного моделирования после определения и согласования с заказчиками целей исследования являются нижеследующие.

I. Разработка когнитивной модели региональной социально-экономической системы.

Этап 1. Идентификация объекта в виде когнитивной карты G [12-15] или более сложного варианта - когнитивной модели в виде параметрического векторного функционального графа [1,13]

$$\Phi_n \langle \langle V, E \rangle, X, F, \theta \rangle, \quad (1)$$

в котором: $G = \langle V, E \rangle$ - когнитивная карта (знаковый ориентированный граф), где V – множество вершин (объектов, концептов), вершины $V_i \in V$, $i = 1, 2, \dots, k$ являются элементами изучаемой системы; E – множество дуг, дуги $e_{ij} \in E$, $i, j = 1, 2, \dots, N$ отражают взаимосвязь между вершинами V_i и V_j ; X – множество параметров вершин V ; $X = \{X^{(V_i)}\}$, $i = 1, 2, \dots, k$, $X^{(V_i)} = \{x^{(i)}_g\}$, $g = 1, 2, \dots, n_i$; т.е. каждой вершине ставится в соответствие вектор независимых друг от друга параметров $X^{(V_i)}$, (или один параметр $x^{(i)}_g = x_i$,

если $g=1$); $X:V \rightarrow \theta$, θ - пространство параметров вершин, множество вещественных чисел; $F=F(X,E)=F(x_i, x_j, e_{ij})$ – функционал преобразования дуг, ставящий в соответствие каждой дуге либо знак («+», «-»), тогда это знаковый орграф, либо весовой коэффициент ω_{ij} , тогда это взвешенный знаковый орграф, либо функцию $f(x_i, x_j, e_{ij}) = f_{ij}$, тогда это функциональный граф. Определение параметров характеристики ω_{ij} включает: определение шкалы, показателей, метода, точности, единицы измерения; определение функции f_{ij} требует либо поиска известных теоретических зависимостей между параметрами X вершин, либо проведения специальных исследований (статистические исследования, вычислительный эксперимент и др.).

Построение когнитивной модели, поддерживаемое путем визуализации идей, концепций, объектов, может происходить на основании: а) теории об объекте и предмете исследования; б) анализа текстов; в) анализа географических карт; г) работы с материалами экспертов (результаты описания индивидуальных знаний эксперта в предметной области); д) работы с экспертами, совместная разработка когнитивных карт; е) применения существующих схем в теории, интерпретируемых как когнитивные карты; ж) количественных данных, многомерного статистического анализа, работы со статистическими базами данных, интеллектуального анализа данных (реализуется идея синтеза для разработки комплексной методологии путем включения моделей и методов data mining); з) анализа существующих систем уравнений, представляющих изучаемую систему, в том числе - моделей системной динамики (реализуется идея синтеза моделей системной динамики с когнитивными моделями [3,8,9,10]) и др. Для построения когнитивных карт используют SWOT и PERT анализ.

На рис.1 представлен в качестве иллюстрации фрагмент когнитивной карты взаимодействия двух регионов (А и Б), а также часть графиков импульсного процесса, соответствующих возможному развитию ситуаций в системе при моделировании возмущений q в вершинах V_6 - «Внешняя среда» и V_7 - «Миграция» (научное предвидение того, «что будет если...?»); в данном случае, если изменения во внешней среде будут благоприятными для регионов и миграция из региона А в регион Б будет сокращаться). Моделирование выполнено с помощью программной системы когнитивного моделирования ПСКМ [1,2].

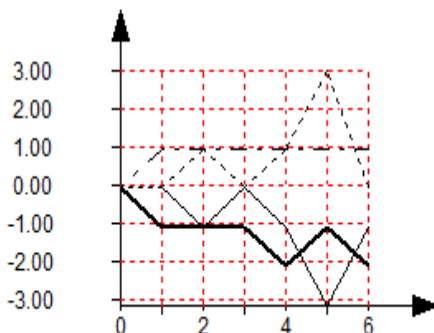
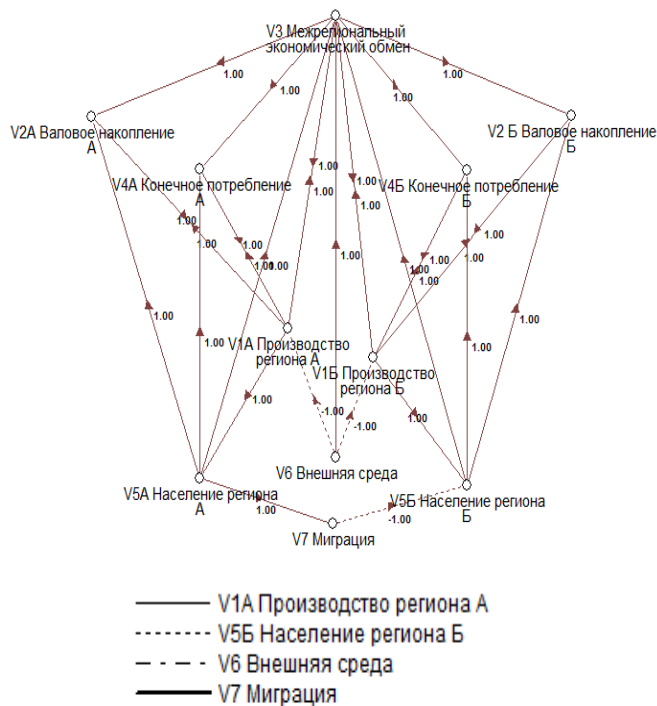


Рис.1. Фрагмент когнитивной карты G «Межрегиональный обмен» и фрагмент сценария развития ситуаций на G при единичных изменениях в вершинах V_6 ($q_6=+1$) и V_7 ($q_7=-1$)

II. Анализ когнитивной модели, решение системы задач.

Этап 2. Анализ путей и циклов когнитивной модели, выбор цепочек связей, передающих воздействия между wybranными вершинами когнитивной модели, «предвидение» цепочек событий, влияющих на осуществление целей системы; выбор маршрутов интересующей исследователя длины.

Этап 3. Анализ устойчивости модельной системы в виде когнитивной карты к возмущающим и управляющим воздействиям; анализ структурной устойчивости модельной системы.

Этап 4. Топологический (симплициальный) анализ структуры модели, определение q -связности модели.

III. Анализ когнитивной модели, моделирование сценариев развития ситуаций (сценарное моделирование и импульсное моделирование) научное предвидение.

Этап 5. Экспертная разработка возможных сценариев развития системы (применение технологий научного предвидения – получение «экспертных сценариев»).

Этап 6. Сценарный анализ, импульсное моделирование.

Моделирование и анализ результатов эволюционного развития системы. Разработка плана импульсного моделирования с учетом экспертных сценариев; выбор вершин когнитивной модели, в которые вносятся модельные возмущения (одноразовые или многократные) в намеченную вершину V_i или в совокупность вершин $\{V_i\}$. Моделирование сценариев развития ситуаций [1,12,13] - реализация плана вычислительного эксперимента (иллюстрация на рис.1).

Этап 7. Анализ результатов когнитивного моделирования, принятие решений о пригодности («адекватности») модели. Анализ чувствительности решений к вариациям структуры модели и возмущающим воздействиям, принятие решений о необходимости или нет изменения модели и плана импульсного моделирования.

IV. Определение пессимистичного, оптимистичного и реалистичного сценариев развития социально-экономической системы региона. Решение обратной задачи - определение необходимых управленческих действий при реализации того или иного сценария (определение и оценка «усилий» для реализации желаемого будущего). Выбор сценариев, которые могут быть рекомендованы для разработки стратегии развития территорий.

V. Разработка на основе предлагаемого сценария стратегии развития системы (в том числе стратегии инновационного развития сопредельных регионов) как основы конструирования желаемого будущего.

На этом этапе завершаются исследовательские процедуры. Принятие, реализация и мониторинг стратегии обычно не входят в компетенции исследователя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексная методология и её отдельные методы были апробированы в исследованиях регионов Юга России и сопредельных с ними других регионов [5,6,7], в исследовании отдельных проблем региональных систем, в исследованиях геополитической зоны

«Черноморье-Кавказ-Каспий» [4] и др. Прямых аналогов в мировой практике комплексная методология и её использование не имеют.

Сопоставление возможностей предложенной комплексной методологии для решения задач предвидения возможных путей развития и управления объектом с возможностями других методов научного предвидения позволяет прийти к заключению, что с помощью этой методологии формальными методами можно получить, в том числе, гораздо быстрее и больше вариантов сценариев развития процессов в исследуемой системе, чем чисто экспертными методами. Тем самым облегчается выбор приемлемых вариантов в целях управления системой, воздействуя на будущее.

- [1] Горелова, Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. - Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. - 332с.
- [2] Горелова, Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: изд-во ТИ ЮФУ, 2013. – С.239-250.
- [3] Инновационное развитие социально-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования /Под ред. Г.В. Гореловой, Н.Д. Панкратовой. - Киев: Наукова думка, 2015. - 464 с.
- [4] Горелова Г.В., Рябцев В.Н. Когнитивное моделирование архитектуры и динамики геополитических регионов современного мира: зона «Черноморье-Кавказ-Каспий» / Под ред. М.Д. Розина, В.П. Свечкарева. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – 373с.
- [5] Горелова Г.В., Жертовская Е.В., Якименко М.В. Инновационная модернизация национальной и региональной экономик: предпосылки, принципы и приоритеты - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. - 80 с.
- [6] Thibeault Irina V., Prichina Olga S., Gorelova Galina V. Cognitive Russian Modeling in the System of Corporate Governmance // Mediterranean Journal of Social Sciences MCSER Publishing, Rome-Italy Vol 6, No 2. March 2015
- [7] Горелова Г.В. Розин М.Д., Рябцев В.Н., Суцкий С.Я. Когнитивные исследования проблем Юга России // Известия ЮФУ, Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. - С. 78-93.
- [8] Форрестер, Дж. Мировая динамика / Дж. Форрестер. – М. : АСТ, 2003. – 384 с.
- [9] Горелова Г.В., Масленникова А.В. Имитационное моделирование на основе когнитивной методологии и системной динамики, анализ системы «Юг России» / Научно-практ. конф. «Системный анализ в экономике»: материалы. – М.: ЦЭМИ РАН, 2012. – 183 с. С.33-45.
- [10] Горелова Г.В., Масленникова А.В. Проектирование стратегий развития социально-экономических систем на основе композиции когнитивного моделирования и системной динамики /Междун. научно-техн. конф. «Системный анализ и информационные технологии: материалы» (SAIT 2013): сб. трудов.– Киев: УНК ««ИПСА» НТУУ КПИ», 2013. – С.20-21.
- [11] Моделирование систем и процессов: Уч. / В.Н. Волкова, Г.В.Горелова, В.Н. Козлов [и др.] /Под ред. В.Н. Волковой и В.Н. Козлова. – М.: ЮРАЙТ, 2015. – 592 с.

- [12] *Максимов В.И.* Когнитивные технологии – от незнания к пониманию /Сб. трудов 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций», (CASC'2001) – М.: ИПУ РАН, 2001. - т.1, С. 4-18.
- [13] *Кульба В.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Косяченко С.А., Нижегородцев Р.М., Чернов И.В.* Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем / В.В.Кульба, Научное издание). – М.:ИПУ РАН, 2002. – 122с.
- [14] *Абрамова Н.А. Авдеева З.К.* Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: проблемы методологии, теории и практики // Проблемы управления. 2008. № 3. С. 85–87.
- [15] *Axelrod R.* The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. – Princeton. University Press, 1976.
- [16] *Casti, J.* Connectivity, Complexity, and Catastrophe in Large-scale Systems. A Wiley – Interscience Publication International Institute for Applied Systems Analysis. JOHN WILEY and SONS. Chichester – New York – Brisbane –Toronto, 1979.
- [17] *Робертс Ф.С.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
- [18] *Atkin R. H.,* Combinatorial Connectivities in Social Systems. An Application of Simplicial Complex Structures to the Study of Large Organisations, Interdisciplinary Systems Research, 1997.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРИИ ЗНАНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НЕЧЕТКОЙ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Ильясов Барый Галеевич, Макарова Елена Анатольевна, Закиева Елена
Шавкатовна, Габдуллина Эльвира Риятовна

Уфимский государственный авиационный технический университет,
Уфа, Россия
zakievae@mail.ru

Реферат

Рассматриваются вопросы анализа качества жизни в сфере высшего образования России. Применены алгоритмы интеллектуального анализа показателей системы высшего образования. Предложена технология построения когнитивной модели анализа состояния системы высшего образования, основанная на использовании результатов компонентного, корреляционного и регрессионного анализа.

ENGINEERING KNOWLEDGE TECHNOLOGIES IN THE FORMATION OF FUZZY COGNITIVE MODELS FOR ASSESSMENT OF LIFE QUALITY IN EDUCATION AT THE REGIONAL LEVEL

Ilyasov Bary Galeevich, Makarova Elena Anatoyevna, Zakieva Elena
Shavkatovna, Gabdullina Elvira Riyatovna

Ufa State Aviation Technical University
Ufa, Russia
zakievae@mail.ru

Annotation

The paper analyzes the dynamics of the reproduction process of the regional economic system; the features build dynamic models of functioning of households and financial institutions. The study results allow for scenario simulations at different control options aimed at ensuring economic growth.

ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением современного социально-экономического развития отдельных регионов России и всей страны в целом является обеспечение высокого качества жизни населения. Под качеством жизни понимают комплексную (интегральную) характеристику социально-экономических, политических, культурно-идеологических, экологических факторов и условий существования и развития личности, положения человека в обществе. Оно связано не только с удовлетворением базовых потребностей человека, но и с возможностями реализовать себя в труде, духовной жизни и других видах жизнедеятельности, включает в себя такие компоненты, как качество системы образования, системы здравоохранения, состояние рынка труда, основных социальных услуг, экологический аспект и другое [1-3].

В статье рассматриваются вопросы анализа состояния системы образования как важнейшей составляющей качества жизни. Анализ выполняется на основе данных, предоставляемых Федеральной службой государственной статистики по регионам Российской Федерации [4]. В структуре системы образования России принято выделять четыре основные ступени: дошкольное, общее, профессиональное, высшее образование. Каждая ступень образования характеризуется набором своих статистических показателей. В данной работе предложены алгоритмы интеллектуального анализа состояния системы высшего образования, включающей государственные, муниципальные и частные организации, а также формируются основы для разработки структуры и параметров когнитивной модели оценки качества жизни в сфере образования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № НК 14-08-00673\14.

1. Алгоритмы интеллектуального анализа показателей системы высшего образования

Интеллектуальный анализ качества системы высшего образования РФ проводится с целью изучения состояния системы высшего образования на региональном уровне, обнаружения неизвестных, скрытых закономерностей в данных и выявления групп регионов со сходными признаками. Процедура проведения интеллектуального анализа рассмотрена в работах авторов [5-7].

Для проведения анализа выбраны показатели (признаки) системы высшего образования по регионам РФ за 2013 год: X1 – «Число образовательных организаций высшего образования»; X2 – «Число филиалов образовательных организаций высшего образования»; X3 – «Численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, тысяч человек»; X4 – «Прием на обучение по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, тысяч человек»; X5 – «Выпуск бакалавров, специалистов, магистров, тысяч человек»; X6 – «Численность профессорско-преподавательского персонала образовательных организаций высшего образования, человек»; X7 – «Число персональных компьютеров (ПК), используемых в учебных целях, в организациях высшего образования на 1000 обучающихся (студентов)» [2]. Интеллектуальный анализ выполнен с использованием программных продуктов Deductor и Statgraphics.

1.1. Компонентный анализ. На первом этапе исследования проведен компонентный анализ показателей системы высшего образования регионов РФ.

Для наглядного представления разделения множества регионов на классы построена двумерная диаграмма рассеивания (рис. 1), по результатам анализа которой выделены 4 кластера.

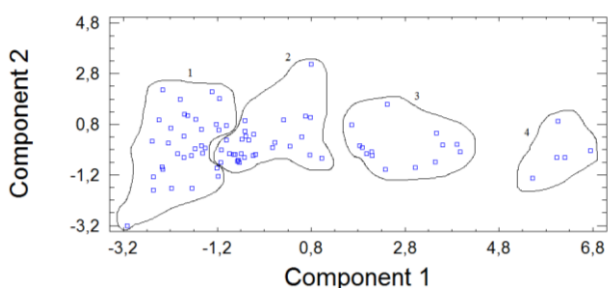


Рис. 1. Диаграмма рассеивания в пространстве компонент F1-F2

Первый кластер имеет низкие значения показателей, характеризующих систему образования в целом (малое число образовательных организаций высшего образования; малая численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры; низкий прием на обучение по программам бакалавриата,

специалитета, магистратуры; низкий выпуск бакалавров, специалистов, магистров; низкая численность профессорско-преподавательского персонала образовательных организаций высшего образования и малое число филиалов образовательных организаций). Например, это такие регионы, как Республика Ингушетия, Карачаево-Черкесская Республика, Курганская область, Костромская область.

Второй кластер составляют регионы с более высокими по сравнению с первым кластером значениями показателей системы высшего образования. Сюда относятся такие регионы, как Томская область, Белгородская область, Оренбургская область.

Третий кластер характеризуется средними значениями показателей системы высшего образования в целом. К этому кластеру относятся такие регионы, как Красноярский край, Ставропольский край, Челябинская область, Республика Башкортостан.

Четвертый кластер является самым малочисленным, характеризуется высокими показателями системы высшего образования в целом. К этому кластеру относятся Московская область, Свердловская область, Ростовская область, Республика Татарстан.

По второй главной компоненте (оснащенность образовательных организаций персональными компьютерами) все 4 кластера регионов имеют средние показатели, за исключением Ненецкого автономного округа.

Результаты компонентного анализа позволили выделить закономерности типа «кластеризация» и сформировать кластеры регионов, характеризующихся разным уровнем состояния системы образования. Извлеченные знания представлены правилами кластеризации. Выявлено, что самыми благополучными регионами по показателям качества жизни в сфере высшего образования являются города Москва и Санкт-Петербург.

1.2. Корреляционный анализ. При применении метода главных компонент для каждой компоненты был сформирован свой уникальный набор значимых признаков; исходя из условия ортогональности ГК, коэффициент корреляции между признаками разных компонент стремится к нулю. Поскольку первая главная компонента описывается наибольшим процентом дисперсии, в дальнейшем анализе будут рассматриваться признаки только этой компоненты.

На втором этапе исследования проводится корреляционный анализ, целью которого является выявление статистической связи между значимыми признаками первой главной компоненты: X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 , X_6 . По результатам корреляционного анализа было выявлено, что между

всеми признаками существуют сильные прямые связи. Это означает, что при увеличении (уменьшении) одного признака происходит увеличение (уменьшение) значения другого признака.

1.3. Регрессионный анализ. Целью проведения регрессионного анализа является выявление причинно-следственной зависимости между значимыми признаками первой главной компоненты. Построены регрессионные уравнения, критерием качества которых являлся коэффициент детерминации. Рассмотрим в качестве примера уравнение регрессии для признака «Численность профессорско-преподавательского персонала образовательных организаций высшего образования» ($Y_6=X_6$):

$$Y_6=0,1038*X_1-8,3052*X_2+71,1126*X_3-44,8814*X_4-22,1013*X_5.$$

На основании данного уравнения, можно сделать вывод о том, что численность профессорско-преподавательского персонала образовательных организаций высшего образования в наибольшей степени зависит от числа образовательных организаций высшего образования (X_1), числа филиалов образовательных организаций высшего образования (X_2), численности студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры (X_3), приема на обучение по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры (X_4) и выпуска бакалавров, специалистов, магистров (X_5).

Анализ регрессионных уравнений показал, какие из признаков наиболее сильно (положительно или отрицательно) влияют на зависимый признак, а также какие признаки оказывают слабое влияние на зависимый признак. Полученные знания являются основой для разработки структуры и параметров когнитивной модели.

2. Технология разработки структуры и параметров когнитивной модели анализа состояния системы высшего образования

Проблемы исследования качества жизни, в частности проблемы оценки и прогнозирования динамики изменения показателей качества жизни в сфере образования относятся к слабоструктурированным, слабоформализуемым проблемам, для решения которых применяется методология когнитивного моделирования.

Предложена технология построения когнитивной модели анализа состояния системы высшего образования, которая основана на использовании результатов корреляционного и регрессионного анализа показателей системы высшего образования по регионам РФ. Вопросы

формирования структуры когнитивной модели решаются на этапе определения концептов когнитивной модели, в качестве которых выбраны признаки «Число образовательных организаций высшего образования», «Число филиалов образовательных организаций высшего образования», «Численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, тысяч человек», «Прием на обучение по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, тысяч человек», «Выпуск бакалавров, специалистов, магистров, тысяч человек» и «Численность профессорско-преподавательского персонала образовательных организаций высшего образования, человек» (рис. 2).

Вопросы параметрической настройки когнитивной модели решаются путем назначения в качестве значений весов связей между концептами найденных ранее значений коэффициентов регрессионных уравнений.

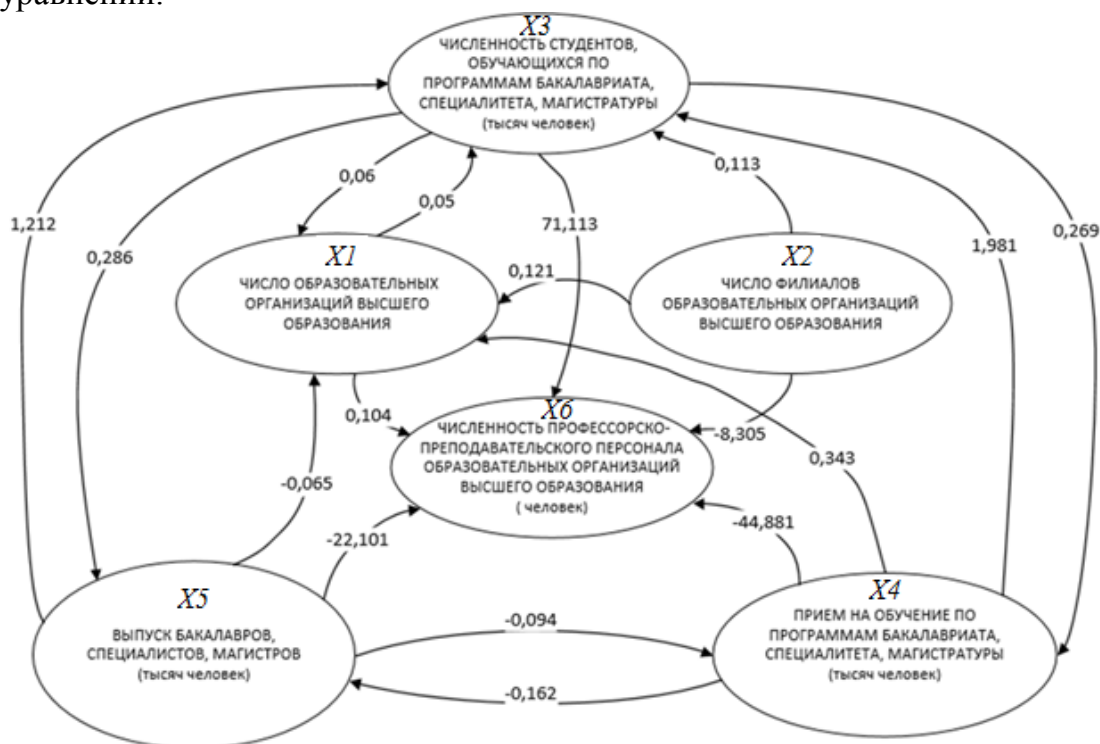


Рис.2. Когнитивная модель анализа состояния системы высшего образования РФ

Разработанная когнитивная модель анализа состояния системы высшего образования может использоваться для изучения динамики изменения одних показателей системы при изменении других показателей, а также для прогнозирования значений отдельных концептов на основе рассчитанных весовых коэффициентов связей. При этом модель позволяет рассчитать значения концептов, связанных между

собой не напрямую, а опосредованно, через другие концепты, путем построения причинно-следственных цепочек показателей. Так, например, концепт Х1 – «Число образовательных организаций» напрямую не влияет на концепт Х5 – «Выпуск бакалавров, специалистов, магистров», однако, изменение значения концепта Х1 приводит к изменению значения концепта Х3 – «Численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры», и, следовательно, концепта Х5. Таким образом, на основе когнитивной модели можно разрабатывать различные прогнозы состояния исследуемой системы относительно отдельных концептов и всей системы в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ социально-экономических показателей качества жизни в сфере высшего образования методом главных компонент. Результаты анализа позволили выделить кластеры регионов, характеризующихся разным уровнем состояния системы образования.

Проведен корреляционно-регрессионный анализ, в результате которого выявлены статистические связи и причинно-следственные зависимости между признаками. Анализ регрессионных уравнений показал, какие из признаков наиболее сильно (положительно или отрицательно) влияют на зависимый признак, а также какие признаки оказывают слабое влияние на зависимый признак.

Разработана когнитивная модель анализа состояния системы высшего образования РФ, в основу которой положены результаты корреляционно-регрессионного анализа. Когнитивная модель позволяет рассчитать значения одних показателей состояния системы высшего образования при изменении значений других показателей, что может служить основой для прогнозирования динамики изменения качества жизни в сфере высшего образования.

- [1] Ильясов Б.Г., Закиева Е.Ш., Герасимова И.Б. Системный подход к построению когнитивной модели качества жизни // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2013. №3 (47). С.214-221.
- [2] Ильясов Б.Г., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Габдуллина Э.Р. Кластеризация регионов Российской Федерации на основе интеллектуального анализа качества жилищных условий населения // Информатизация образования и науки. Изд. ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика». 2015. №1 (25). С.157-170.
- [3] Ильясов Б.Г., Герасимова И.Б., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш. Объективно-субъективный подход к оценке качества жизни // Качество. Инновации. Образование. №2 (129), 2016, с.47-57.
- [4] Информационно-аналитические материалы Федеральной службы государственной статистики, 2014. – <http://www.gks.ru>

- [5] Ильясов Б.Г., Дегтярева И.В., Макарова Е.А., Карташева Т.А. Интеллектуальные алгоритмы принятия решений при управлении инвестиционным процессом макроэкономической системы // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. № 6, Т.2. С.116–122.
- [6] Ильясов Б.Г., Дегтярева И.В., Макарова Е.А., Валитов Р.Р. Система интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении макроэкономическим воспроизводственным процессом на основе имитационного моделирования // Вестник УГАТУ. 2012. № 3. С. 217–229.
- [7] Макарова Е.А., Габдуллина Э.Р., Закиева Е.Ш. Регрессионный и кластерный анализ региональных производственных процессов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики, М., изд. ООО «Научные технологии», №12, 2015, с.78-83.



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ РЕСУРСОВ НА ОСВОЕНИЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН¹

Родина Ольга Валерьевна, Калугян Каринэ Хачересовна

кафедры Информационных систем и прикладной информатики,
ФГБОУ ВО «РГЭУ (РИНХ)»,
Ростов-на-Дону Россия
rodinaov@mail.ru

Реферат

Показана возможность использования при планировании затрат времени по видам работ при составлении учебных планов оригинального алгоритма экспертной оценки времени освоения учебного материала, ориентированного на пошаговое уточнение значений с оценкой характеристик распределения (ПУЗ-ОХР).

THE RAPID ASSESSMENT AND OPTIMIZATION OF COSTS OF RESOURCES ON THE DEVELOPMENT OF ACADEMIC DISCIPLINES²

Rodina Olga, Kalugyan Karine

¹ Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) – проект 15-01-06324/15 «Моделирование производственных и управленческих процессов для экспресс-оценки и оптимизации ресурсоёмкости товаров и услуг: формирование универсального методического и инструментального обеспечения».

² The article is based on the results of research carried out with the support of the Russian Foundation for basic research (RFBR) – project 15-01-06324/15 "Modeling of production and management processes for rapid assessment and optimization of resource intensity of products and services: the formation of universal methodological and tool support".

Abstract

The possibility of usage in planning expenditure of time on the activity types in the curriculum of the original algorithm of expert evaluation of the time development of educational material focused on step-by-step clarification of values by measuring features of distribution (PUZ-PU).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Очевидно, важной целевой характеристикой учебного плана по направлению подготовки (профилю) является характеристика качества выполнения им основной функции – обеспечения возможности освоения студентом за время аудиторных и самостоятельных занятий конкретных составляющих (компонентов) общекультурных и профессиональных компетенций. Ведь при формировании учебного плана необходимо установить объемы работ (в часах) по видам работ – аудиторной, самостоятельной, в интерактивной форме по учебным модулям, по семестрам, видам занятий.

Поэтому актуальность приобретает оценка затрат времени на освоение (изучение) дисциплины или модуля учебного плана, которая важна для:

- объективного анализа правильности, достаточности времени, предусмотренного учебным планом, для обеспечения необходимого качества подготовки выпускника;
- выявления дисциплин, требующих наибольшего времени на освоение;
- оценки вероятности всестороннего изучения дисциплины за заданное время;
- последующего сравнения затрат времени на изучение дисциплин по затратам времени;
- выявления резервов снижения временных затрат на изучение дисциплины;
- обеспечения (путем модификации учебного плана) заданной вероятности освоения учебной дисциплины в течение определенного времени.

Однако возникает вопрос, как оценить правильность, достаточность времени, предусмотренного учебным планом, для обеспечения необходимого качества подготовки выпускника? Насколько обоснованы установленные учебным планом затраты времени на аудиторские занятия по дисциплине (модулю), достаточно ли времени отведено на проведение лабораторных или практических занятий и на основании каких конкретных, *признанных научной общественностью методик* реализована процедура формирования учебного плана и оценки необходимого для освоения дисциплины (модуля) времени?

Мы считаем, что при определении необходимых затрат времени на освоение (изучение) дисциплины или модуля учебного плана можно использовать методику [1-4], апробированную в [5] и ряде других работ.

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ПОДХОД

Особенность предлагаемого подхода состоит, во-первых, в использовании многошаговой процедуры, на каждом шаге которой осуществляется имитационное моделирование, и, во-вторых, в интеграции метода Дельфи с экспертизой, направленной на получение обобщенного мнения группы экспертов о возможном диапазоне значений искомого показателя. Такое объединение дает ряд преимуществ, в частности, предоставляет специалистам, участвующим в экспертизе, возможность рассматривать возражения и предложения других членов экспертной группы в атмосфере, свободной от влияния личных качеств участников. Одновременно появляется возможность использовать так называемое «информированное интуитивное суждение» специалиста-эксперта путем создания таких условий, когда эксперт-преподаватель может активно взаимодействовать с другими специалистами в этой области или в областях, касающихся прочих аспектов изучаемой проблемы. Отбирая специалистов для участия в экспертизе, помимо объективных характеристик желательно учитывать даваемую ими оценку собственной компетентности (чаще всего по 10-балльной шкале). При этом непосредственное общение специалистов друг с другом заменяется последовательностью шагов, на каждом из которых реализуется полный цикл экспертизы, включая информирование преподавателей-экспертов о результатах предыдущего шага.

Опишем алгоритм такой оценки.

1. Создается экспертная группа для получения оценок по видам учебных работ.

2. Реализуется первый шаг (цикл) экспертизы с получением оценок величины затрат времени на освоение дисциплины и заполняется таблица с экспертными оценками (табл. 1).

Таблица 1

Экспертные оценки затрат времени на освоение (изучение) дисциплины

Эксперт	ШАГ 1			ШАГ 2			ШАГ 3			...		
	Мин	Опт	Макс	Мин	Опт	Макс	Мин	Опт	Макс			
Э ₁	2	6	8	4	8	12	4	8	12			
Э ₂	8	12	18	8	12	18	8	12	18			
...			
Э ₉	6	10	16	6	10	16	6	10	16			
...			
Э _n	28	32	64	16	24	36	16	24	36			

3. Каждый *i*-ый эксперт на *каждом j-ом шаге* представляет минимальное, наиболее вероятное и максимальное значения показателя.

4. Обобщенное коллективное мнение *n* экспертов о значении исследуемого показателя определяется как среднее *n* случайных величин, имеющих треугольное распределение – мнений *n* участников экспертной группы – путем реализации на *каждом k-ом шаге* имитационного моделирования функции $\mathcal{E}^{(k)}_{об} = (\sum \mathcal{E}^{(k)}_i) / n, (i \in n)$.

Для реализации имитационного моделирования может быть использован программный продукт [6], отличающийся минимальными трудозатратами на построение имитационной модели.

5. На *каждом k-ом шаге* в результате имитационного моделирования получают статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсию, коэффициент вариации, асимметрию, эксцесс) и гистограмму значений функции $\mathcal{E}^{(k)}_{об} = f(\mathcal{E}^{(k)}_i)$.

6. Участников экспертной группы после каждого цикла экспертизы знакомят с объяснениями, представленными в защиту сильно отличающихся оценок анализируемого показателя, и предлагают при желании изменить свои предыдущие ответы.

7. Целесообразность завершения экспертизы на *каждом шаге* определяют по величине изменения коэффициента вариации $K^{(j)}_{var}$ функции $\mathcal{E}^{(j)}_{об}$. Если коэффициент вариации изменяется не более, чем на 5 %, можно считать, что оценки экспертов стабилизировались и целесообразно завершать экспертизу.

8. На основании результатов имитационного моделирования на последнем шаге оценивают доверительные границы значений планируемых затрат времени и вероятность того, что его значения окажутся больше или меньше определенного числа.

ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ

Определим затраты времени на изучение дисциплины «Корпоративные информационные системы» по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Проведем экспертный опрос специалистов-преподавателей вузов страны, читающих (и/или читавших) дисциплину «Корпоративные информационные системы», относительно их мнения о затратах времени необходимых и достаточных для освоения этой дисциплины студентами (получения ими необходимых знаний, умений, навыков, компетенций).

Обозначим оценку каждого i -го эксперта на j -м шаге $\Xi_i(j)$. Положим оценки экспертов представляются в виде треугольного распределения, то есть участники опроса указывают минимальное, максимальное и наиболее вероятное значения затрат времени (табл. 2).

Таблица 2

Результаты трех шагов (циклов) экспертизы

Эксперт	ШАГ 1			ШАГ 2			ШАГ 3		
	min	moda	max	min	moda	max	min	moda	max
Ξ_1	18	24	36	18	24	36	18	24	36
Ξ_2	16	24	32	18	24	32	18	24	32
Ξ_3	12	18	24	12	18	24	16	20	28
Ξ_4	18	36	48	18	36	48	18	36	48
Ξ_5	36	48	54	32	36	48	28	36	48
Ξ_6	12	24	48	16	28	36	16	32	36
Ξ_7	12	18	36	18	24	48	18	24	48
Ξ_8	24	36	54	24	36	54	24	36	54
Ξ_9	18	36	54	18	36	54	18	36	54
Ξ_{10}	16	18	24	18	24	32	24	32	36

*Жирным шрифтом выделены значения времени, измененные экспертом на очередном шаге.

Обобщенное коллективное мнение n экспертов о величине затрат времени определяем как среднее мнений n участников экспертной группы путем реализации на каждом k -ом шаге имитационного моделирования функции $\Xi_{об}^{(k)} = (\sum \Xi_i^{(k)})/n$, ($i \in n$).

В качестве инструментального средства для реализации имитационного моделирования используем программную систему автоматизированного синтеза имитационных моделей СИМ-UML [6].

В результате имитационного моделирования на каждом k -ом шаге получаем статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсию, коэффициент вариации, эксцесс, асимметрию) и

распределение (в форме гистограммы и таблицы) значений искомого показателя – функции $\Xi_{об}^{(k)}=f(\Xi_1^{(k)})$.

Ниже представлены результаты имитационного моделирования после второго шага экспертизы. На рис. 1 приведена гистограмма распределения затрат времени на освоение учебной дисциплины, в табл. 3 – статистические характеристики распределения после первого и второго шагов.

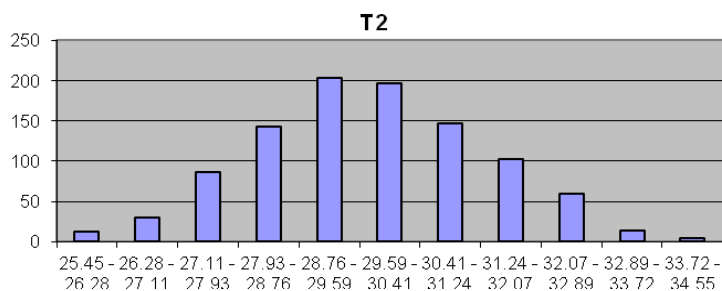


Рис.1. Гистограмма распределения после второго шага экспертизы

Таблица 3

Статистические характеристики распределения
после двух шагов экспертизы

Параметр	Значение	
	После первого шага	После второго шага
Переменная	T1	T2
Число итераций	1000	1000
Среднее	29.042	29.744
Дисперсия	2.539	2.432
Среднеквадратическое отклонение	1.593	1.560
Коэффициент вариации	0.055	0.052
Асимметрия	0.008	0.066
Эксцесс	0.072	-0.255
Минимум	23.660	25.455
Максимум	34.152	34.547
Модальный интервал	28.43 : 29.38	28.76 : 29.59

После каждого шага экспертизы участников экспертной группы знакомили с объяснениями, представленными в защиту сильно отличающихся оценок анализируемого показателя, и предлагали при желании изменить свои предыдущие ответы.

Проверим целесообразность проведения третьего шага экспертизы по формуле: $|K_{var}^{(j)} + K_{var}^{(j+1)}| / K_{var}^{(j)} * 100 \% : (0,052 - 0,055) / 0,052 * 100 \% = 5,77 \%$.

Полученный результат больше 5%, поэтому проведем еще один тур экспертизы.

Результаты моделирования после третьего шага представлены на рис. 2 и в табл. 4.

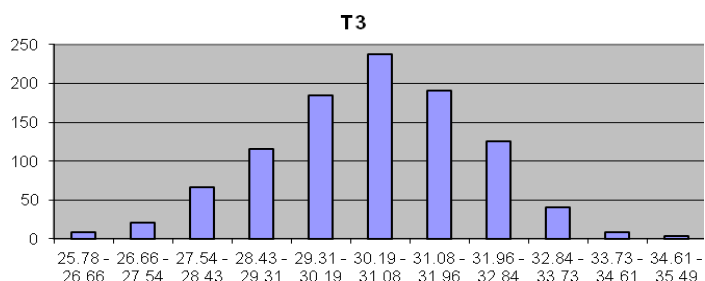


Рис.2. Гистограмма распределения после третьего шага экспертизы

Таблица 4

Статистические характеристики распределения
после третьего шага экспертизы

Параметр	Значение
Переменная	ТЗ
Число итераций	1000
Среднее	30.514
Дисперсия	2.302
Среднеквадратическое отклонение	1.517
Коэффициент вариации	0.050
Асимметрия	-0.165
Экцесс	-0.027
Минимум	25.776
Максимум	35.492
Модальный интервал	30.19 : 31.08

Проверим целесообразность проведения четвертого шага экспертизы: $|0,052 - 0,050| / 0,052 * 100 \% = 3,85 \%$.

Так как изменение коэффициента вариации не превышает заданного пятипроцентного уровня, можем закончить проведение экспертизы.

На основании результатов имитационного моделирования на последнем шаге оцениваем доверительные границы значений планируемых затрат времени и вероятность того, что его значения окажутся больше или меньше определенного числа (табл. 5).

Таблица 5

Накопленная вероятность после третьего шага экспертизы

X_{\min}	X_{\max}	Частота	Вероятность	Накопленная
25.78	26.66	8	0.008	0.008
26.66	27.54	21	0.021	0.029
27.54	28.43	66	0.066	0.095
28.43	29.31	115	0.115	0.210
29.31	30.19	185	0.185	0.395
30.19	31.08	238	0.238	0.633
31.08	31.96	191	0.191	0.824
31.96	32.84	125	0.125	0.949
32.84	33.73	40	0.040	0.989
33.73	34.61	8	0.008	0.997
34.61	35.49	3	0.003	1.000

ВЫВОДЫ

1. Показана возможность использования процедуры пошагового уточнения значений с оценкой характеристик распределения (ПУЗ-ОХР) при оценке затрат времени по видам работ при составлении учебных планов оригинального алгоритма экспертной оценки времени освоения учебного материала.

2. Обобщенное коллективное мнение n экспертов о планируемом значении затрат времени определяется как среднее n случайных величин, имеющих равномерное или треугольное распределения (мнений n участников экспертной группы – группы преподавателей вуза) путем реализации имитационного моделирования. В результате имитационного моделирования получают оценки статистических характеристик (математического ожидания, дисперсии, коэффициента вариации, эксцесса, асимметрии) и распределение (в виде таблиц и гистограмм) затрат времени по видам учебных работ.

3. Описанная методика позволяет также оценить правильность составления учебных планов, достаточность времени, предусмотренного учебным планом, для обеспечения необходимого качества подготовки выпускника; ответить на вопросы: насколько обоснованы установленные учебным планом затраты времени на аудиторские занятия по дисциплине (модулю), достаточно ли времени отведено на проведение лабораторных или практических занятий.

- [1] Хубаев Г.Н. Получение групповой экспертной оценки значений показателей: пошаговая процедура и программное обеспечение // Программные продукты и системы. – 2011. – № 2. – С. 13-16.

- [2] Хубаев Г.Н. Имитационное моделирование для получения групповой экспертной оценки значений различных показателей // Автоматизация и современные технологии. – 2011. – № 11. – С. 19-23.
- [3] Хубаев Г.Н. Методы и инструментальные средства оценки характеристик распределения времени освоения учебного материала // Вопросы информатизации и управления: Материалы Международной науч.-практ. конф. (п. Архыз, 20-23 октября 2012 г.). – Ростов-на-Дону, 2013. – С. 7-19.
- [4] Khubaev Georgy. Assessment of the time required for the acquisition of knowledge //5th International Scientific Conference “Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings” (New York, USA; February 12, 2014). Section 6. Pedagogy - New York, 2014. – С. 86-90.
- [5] Хубаев Г., Родина О. Модели, методы и программный инструментарий оценки совокупной стоимости владения объектами длительного пользования (на примере программных систем): Монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 370 с.
- [6] Хубаев Г.Н., Щербаков С.Н. Особенности построения и использования системы автоматизированного синтеза имитационных моделей СИМ-UML // Имитационное моделирование: теория и практика» (ИММОД-2015): Материалы Седьмой Всероссийской науч.-практич. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Секция 3. Практическое применение имитационного и комплексного моделирования и средств автоматизации моделирования. – М., 2015. – С. 400-403.



NCSIE

Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Золоторев Виктор Николаевич, Менжулин Андрей Альбертович,
Цевовальникова Наталья Андреевна

Воронежский Технический Университет,
Воронеж, Россия,
678cevovalnats@mail.ru

Реферат.

В работе рассматривается особенность природы сложности, а также некоторые современные проблемы, стоящие перед исследователями в области моделирования сложных объектов. При построении математических моделей сложных технологических процессов авторами используется системный подход. В статье предложен метод решения сложной задачи по многокритериальной оптимизации на основе метода группового учета аргументов. Этот метод, как показано авторами, может применяться для решения различных прогностических задач.

CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODELS OF COMPLEX TECHNOLOGICAL PROCESSES ON THE BA- SIS OF SYSTEM APPROACH

Zolotorev Viktor Nikolaevich, Menzhulin Andrew Albertovich,
Tsevovalnikova Natalia Andreevna

Voronezh State Technical University
Voronezh, Russia
678cevovalnats@mail.ru

Abstract.

This paper examines the peculiarity of the nature of complexity as well as some contemporary issues facing researchers in the field of modeling complex objects. When building mathematical models of complex technological processes, the authors used the system approach. This article proposes a method of solving complex problems for multi-objective optimization based on the method of group accounting of arguments. This method, as shown by the authors can be applied for the solution of various prognostic tasks.

Важным свойством окружающего нас мира является увеличивающаяся сложность и взаимозависимость его частей. Сложность - это совокупность огромного числа различных объектов, действующих вместе. Данная концепция является сердцевиной общей теории систем. Сложность есть взаимодействие и, более того, взаимозависимость, т.е. поведение одного или нескольких элементов воздействует на поведение других элементов. Сложные проблемы никогда не существуют изолированно и редко характеризуются односторонними причинными отношениями. Скорее, сложность связывает проблемы вместе и формирует картину взаимоотношения и множественной причинности.

Решение сложных проблем требует подхода, который позволил бы нам использовать релевантную информацию различного вида, включая точные данные, количественную информацию, и неточные – полученные интуитивно, из опыта, с учетом ценностей, суждений и образных догадок. Следовательно, мы могли бы распространить наш анализ, включая в него все возможные исходы. При исследовании сложных технологических процессов, необходимо использовать системный подход.

Системный подход к прогнозированию сложных объектов требует максимально возможный учет совокупности переменных, характеризующих объект, и взаимосвязей между ними. В процессе исследования прогнозист вынужден выбирать компромиссный вариант между числом переменных в описании объекта, сложностью и трудоемкостью анализа и прогноза. Если к тому же большинство или все из этих переменных имеют стохастический характер, то задача значительно усложняется.

Взаимозависимые системы наиболее полно описывают экономическую систему, содержащую, как правило, множество взаимосвязанных эндогенных и экзогенных переменных. Для нахождения параметров системы взаимозависимых уравнений используются более сложные методы: двух- и трех- шаговый метод наименьших квадратов, методы максимального правдоподобия с полной и неполной информацией и др. Про-

цесс построения и использования эконометрических моделей является достаточно сложным.

В связи с этим, для построения адекватных статистических моделей сложных технологических процессов предлагается метод группового учета аргументов (МГУА). МГУА основан на принципе самоорганизации моделей на ЭВМ. Согласно этому принципу осуществляется целенаправленный перебор постепенно усложняющихся структур математических моделей и их отбор по ряду эвристических внешних критериев, которые проходят через свои минимумы, что и дает возможность определить модель оптимальной сложности. В этом методе все вопросы оптимизации решаются при помощи перебора вариантов только на материале заданной обучающей и проверочной выборках. Никакой информации о распределениях вероятности не используются. Это по существу непараметрический метод.

В последнее время наиболее актуальной становится задача принятия оптимальных решений. Оптимальные решения нужны здесь для выработки правильного прогноза. В МГУА оптимальность решений достигается на основе самоорганизации математических моделей на ЭВМ. Теория самоорганизации математических моделей ставит перед собой цель расширить существующий регрессионный анализ и теорию статистических решений в соответствии с некоторыми новыми принципами.

Одним из таких принципов является принцип внешних дополнений [1,2]. Следует отметить, что после известных работ А.Н.Тихонова принцип внешнего дополнения в математике получил название регуляризации решений. Этот принцип связан с использованием нескольких критериев. Так, при выводе уравнений регрессии для получения оптимальных оценок коэффициентов обычно используется метод МНК: критерий минимума среднеквадратической ошибки, определяемой на обучающей выборке данных. Для получения уравнений, обладающих хорошими прогнозирующими свойствами, уже требуется второй критерий, например критерий минимума ошибки, определяемой на другом множестве точек. Для целей оптимизации разделения имеющихся точек данных на указанные выше две выборки - требуется еще один критерий - критерий минимума на экзаменационной выборке данных и так далее. Таким образом, для каждой оптимизации требуется новый критерий. При реализации принципов самоорганизации многорядный регрессионный анализ принимает форму полиномиальных алгоритмов МГУА, а многорядная теория статистических решений - форму вероятностных алгоритмов МГУА.

Основной недостаток теории статистических решений состоит в том, что она не учитывает необходимости принятия ряда последовательных решений [3]. Оптимальность выбора решения следует оценивать с учетом

того, что через некоторое время придется снова принимать решение и т.д. Наиболее эффективная теория последовательного принятия решений принадлежит Д.Габору [6]. Принцип самоорганизации или свободы выбора, согласно работе Д.Габора, предусматривает такую многорядную структуру принятия решений, при которой в каждом из последующих рядов сохраняется возможность выбрать любые из некоторого числа решений предыдущего ряда.

Многорядность и наличие свободы выбора решений служат основными признаками алгоритмов, действующих по принципам самоорганизации в противоположность детерминированным алгоритмам, в которых в каждый момент времени принимается единственное решение, от которого в будущем уже нельзя отказаться.

Принцип самоорганизации моделей заключается в том, что при постепенном увеличении сложности моделей значение внутренних критериев при наличии шума монотонно падает. В тех же условиях все внешние критерии проходят через свои минимумы, что и дает возможность определить модель оптимальной сложности, единственную для каждого внешнего критерия. В качестве критерия можно, например, выбрать среднеквадратическую ошибку, рассчитанную по контрольной выборке, то есть на данных, не использованных для получения коэффициентов модели.

Предлагаемый метод группового учета аргументов позволяет учесть практически любое число переменных небольшими группами, например, попарно. При этом процедура синтеза модели состоит в рекуррентном повторении решения, элементарной системы нормальных уравнений с небольшой по размерности матрицей. В том случае, когда обучающая выборка ограничена, некоторые аргументы становятся "вредными", поэтому точность увеличится, если мы избавимся от них. Эту работу и выполняют пороговые самоотборы после каждого шага. Оптимальное число переменных, пропускаемых из ряда в ряд, определяется по величине порога. В качестве порога может быть выбрана величина среднеквадратической ошибки, определяемой по контрольной выборке, или коэффициент корреляции между предиктантом и действительной величиной прогнозируемой переменной на момент прогноза. Сокращение размерности матрицы за счет устранения второстепенных, несущественных членов полинома является эффективным средством повышения ее обусловленности.

Используя различные опорные функции, при помощи операции сложения или умножения можно получить соответственно аддитивные, мультипликативные или аддитивно-мультипликативные модели.

Алгоритм получения аддитивно-мультипликативных моделей, содержащих мультипликативные члены в любых, в общем случае не целых, положительных и отрицательных степенях, запишем в виде:

$$y = \sum_k^c a_k \prod_i^m x_i^{p_i} \quad (1)$$

где p_i - любая (в общем случае не целая) положительная или отрицательная степень i -го аргумента; c - показатель максимальной сложности аддитивно-мультипликативной модели при заданном числе аргументов m , a_k - коэффициенты, подлежащие определению.

Синтез модели выполняется в 2 этапа. Предположим, что задана выборка длиной N при t переменных, часть из которых не входит в модель. Необходимо найти структуру и параметры модели, лучшим образом описывающей данный процесс.

1 ЭТАП

Предположив, что модель имеет максимальную сложность, представим ее в виде произведения всех заданных переменных в неизвестных степенях:

$$y = x_1^{k_1} x_2^{k_2} \cdot x_n^{k_n} \quad (2)$$

Прологарифмируем это выражение по произвольному основанию b ($b > 0$):

$$\lg_b y = k_1 \lg_b x_1 + k_2 \lg_b x_2 + \dots + k_n \lg_b x_n \quad (3)$$

По выборке данных измерений величин x_1, x_2, \dots, x_n составляется выборка прологарифмированных значений этих переменных.

Далее действует комбинаторный алгоритм МГУА с линейными частными описаниями при единичной степени переменных. По очереди во всевозможных комбинациях исключаются те или иные слагаемые полного полинома (3), а полученные таким образом частные полиномы оцениваются по двум критериям (N_B) - точности краткосрочного прогноза (определяется на проверочной выборке N_B): $n_{см}$ - минимума смещения (определяется на выборке N_A - обучающей и N_B - проверочной). Известные коэффициенты a_k и K_m находятся по методу наименьших квадратов.

Критерий точности пошагового прогноза вычисляется на проверочной выборке (N_B) по формуле:

$$\Delta(N_B) = \sqrt{\frac{\sum_{t \in N_B} (\gamma_t^M - \gamma_t)^2}{\sum_{t \in N_B} (\gamma_t - \bar{\gamma}_t)^2}}$$

где y_t^M - значение прогнозируемого элемента (предиктанта), вычисленного по модели; y_t - истинное значение предиктанта на момент прогноза; $\bar{\gamma}_t = \frac{1}{N} \sum \gamma_t$ - среднее значение предиктанта из всех реализаций; $N = N_A + N_B + N_C$ - вся совокупность исходных данных; N делится на обучающую выборку N_A , при помощи которой оцениваются параметры модели, на проверочную выборку N_B , при помощи которой осуществляется выбор модели, и на экзаменационную для проверки качества прогноза.

Критерий минимума смещения вычисляется по формуле:

$$n_{cm} = \sqrt{\frac{\sum_{t \in N} (\gamma_t^{N_A} - \gamma_t^{N_B})^2}{\sum_{t \in N} (\gamma_t^{N_A} + \gamma_t^{N_B})^2}}$$

где $\gamma_t^{N_A}$ - значение предиктанта y , рассчитанного по модели, оценки коэффициентов которой получены на части N_A таблицы исходных данных - $\gamma_t^{N_B}$ - то же на части N_B таблицы исходных данных; N - полное число точек таблицы.

Далее находим некоторое число F 1 оптимальных моделей логарифма предиктанта. Потенцируя их, получаем F 1 оптимальных в смысле минимума некоторого заданного внешнего критерия мультипликативных моделей вида (2).

II ЭТАП

Исходный базис независимых переменных (предикторов) участвующих в синтезе модели, расширяется введением в качестве дополнительных предикторов F 1 моделей первого этапа.

По комбинаторному алгоритму МГУА для исходного вектора предиктанта y и расширенной матрицы исходных данных синтезируются F 2 моделей вида:

$$y = \sum_{i=1}^m \alpha_i x_i + \sum_{j=1}^F \beta_j y_j$$

На первом этапе по однорядному комбинаторному алгоритму МГУА выполняется перебор моделей без свободного члена, на втором этапе - полный перебор.

Таким образом, использование многорядных алгоритмов МГУА с пороговыми отборами является эффективным средством преодоления

проблемы размерности, а внешний критерий используется как ограничение перебора моделей. МГУА позволяет не только реализовать нелинейный полином практически любой сложности, но и выбрать его степень, при которой достигается максимум точности, измеряемой на отдельной проверочной выборке, то есть происходит оптимизация сложности полинома.

При использовании метода группового учета аргументов на ЭВМ от исследователя не требуется больших априорных знаний о моделируемом объекте. Выборка, класс уравнений, предполагаемые виды опорных функций, в которых следует искать модель, внешние критерии - вот и все, что требуется для самоорганизации модели. Исследователь может влиять на результат самоорганизации модели через уточнение, комбинирование или постановку новых внешних критериев выбора модели, выбор лучшей из небольшого числа моделей, указанных ЭВМ. Благодаря этому, МГУА приводит к объективному выбору модели оптимальной сложности с учетом пожеланий исследователя (эксперта).

Самоорганизации связана с эвристическими методами. Следует отметить, что точность результатов моделирования зависит не только от совершенства математического аппарата, но также от целесообразного выбора критерия и умения его применения. Эвристически характер самоорганизации моделей особенно проявляется при выборе опорной функции частных описаний, критериев отбора моделей, способа регуляризации, способа нормирования данных, реализации последовательного повышения сложности моделей - претендентов. Пороговые значения, используемые при пороговом отборе, могут быть заданы эвристически и уточнены при помощи многократного повторения вычислений.

- [1] Золоторев В.Н., Юрачковский Ю.П., Жуков В.А. Прогноз дефицита точки росы с использованием алгоритма метода группового учета аргументов с двухчленными частными моделями // Тр. Гидрометцентра СССР. 1989. Вып. 299.-С. 51-55.
- [2] Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. -Киев: Наукова думка. 1982. -350 с.
- [3] Кендалл М., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Наука, 1976.- 736 с.
- [4] Тихонов А., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. - М.: Наука. 1979. -285 с.
- [5] Юрачковский Ю.П., Грошков А.Н. Оптимальное разбиение исходных данных на обучающую и проверочную последовательности на основе анализа функции распределения критерия // - Автоматика. -1980. -N2. -С. 5-12.
- [6] Gabor D. Cybernetics and the Future of our Industrial Civilization // -J. of Cybernetics. -1971. -Vol. 1. -P. 1-4.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ПОЛНЫЙ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Елена Кондрашкина, Виталий Рыжаков

Кафедра радиоэлектроники и электроэнергетики
Сургутский государственный университет
проспект Ленина, 1
628400 Сургут, Российская Федерация
V.Ryzhakov@gmail.com

Реферат

В статье представляются результаты проектирования линейки образовательных программ подготовки специалистов инженерно-технического профиля в рамках направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Линейка образовательных программ включает обучение по программам дополнительного образования в рамках школьной программы, образовательных программ бакалавриата и магистратуры. Программы реализуются в сетевом взаимодействии с образовательными организациями общего среднего и высшего образования. Основой реализации образовательных программ является проектный подход.

ВВЕДЕНИЕ

Применение проектного обучения в инженерном образовании являются актуальной темой многочисленных исследований последнего времени. Ведущие технические вузы Российской Федерации активно изучают методы использования проектного обучения в образовательном

процессе. При этом зачастую инициатором введения проектного обучения в вузе являются специалисты, которые имеют базовое образование в области управления проектами, что приводит к определенному искажению содержания проектной деятельности, характерной для инженерного труда. Дело в том, что для целей формирования инженерных компетенций, обучающиеся должны принимать участие в реализации технических проектов, цели и задачи которых отличаются от инвестиционных и управленческих проектов, принципы реализации которых, зачастую, закладываются в качестве основы проектной деятельности для обучающихся по инженерным направлениям.

Целью технического проекта является не получение экономического эффекта, а создание изделия или системы. Технический проект может выступать как подпроект более крупного инвестиционного проекта. Однако содержательно отличается от последнего по критериям эффективности. Особенно важно это учитывать при реализации учебных технических проектов, главной целью которых является достижение необходимого качества инженерной подготовки.

Техническое проектирование должно обеспечивать формирование компетенций полного жизненного цикла изделия или системы от формулировки технической идеи до утилизации из-за морального устаревания через разработку, создание и ввод в эксплуатацию [1]. При этом желательно, чтобы в процессе обучения будущий инженер обеспечивал реализацию всех этапов жизненного цикла изделия или системы несколько раз на разных уровнях сложности технического проекта.

В настоящей статье рассматривается применение описанного подхода к организации технического проектирования в рамках сетевого взаимодействия в структуре школа – вуз при двухуровневой модели высшего образования. При этом в процессе обучения реализуется три цикла технического проектирования – в школе, при обучении по программе бакалавриата и по программе магистратуры. Для каждого из этих циклов определяются общие принципы организации технического проектирования.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ШКОЛЕ

В рамках сотрудничества между Сургутским государственным университетом и общеобразовательной школой №7 г. Сургута по реализации программ основного и дополнительного образования на базе муниципального ресурсного центра инженерного осуществляется

подготовка учеников 10 и 11 классов по программе «Интернет вещей».

Программа реализуется в соответствии с требованиями спецификации стандартов международного проекта WorldSkills подготовки высококвалифицированных специалистов современных рабочих профессий. Программа ориентирована на поэтапное практическое освоение разделов тематического плана, который, с точки зрения лучшей международной практики, обеспечивает техническую и профессиональную эффективность специалиста в сфере инфокоммуникаций.

В данной программе используются образовательные технологии подготовки инженеров, направленные на формирование компетенций по обеспечению полного жизненного цикла технического устройства или системы. Основой образовательного процесса является проектный подход, при котором учащиеся последовательно проходят все стадии реализации технического проекта.

Оценивание результатов освоения образовательной программы осуществляется по окончании каждого из этапов сквозного проекта по созданию инфокоммуникационного устройства и/или системы:

- 1) Разработка идеи технического проекта – презентация.
- 2) Моделирование радиоэлектронного сенсорного блока проектируемого устройства – демонстрация рабочей модели.
- 3) Создание радиоэлектронного сенсорного блока проектируемого устройства – демонстрация рабочего макета.
- 4) Подключение радиоэлектронного сенсорного блока к серверу Интернет – демонстрация рабочей системы.
- 5) Разработка приложения для мобильного устройства связи для дистанционного управления целевым физическим объектом – демонстрация работающего изделия.
- 6) Публичная защита разработанного технического проекта.

Первые пять этапов реализации сквозного технического проекта по созданию инфокоммуникационного устройства и/или системы реализуются с применением последовательности одних и тех же образовательных форматов:

- 1) Серия проблемных лекций, обеспечивающих формирование у учеников необходимых знаний по объектам проектной деятельности текущего этапа;
- 2) Серия практикумов по освоению компетенций, необходимых для создания объекта проектной деятельности текущего этапа;
- 3) Проектная сессия, посвященная созданию объекта проектной деятельности текущего этапа, а также необходимой

технической документации. Реализация проекта осуществляется проектными группами по 2-3 ученика в группе;

4) Проблемная дискуссия, в ходе которой осуществляется демонстрация и обсуждение результатов очередного этапа проектирования, происходит текущая корректировка идеи проекта и способов ее реализации.

Для реализации программы используется специализированная лаборатория по разработке инфокоммуникационных устройств и систем в соответствии с концепцией «Интернет вещей», укомплектованная персональными компьютерами, подключенными к сети Интернет, с предустановленным программным обеспечением Arduino, SystemVue, Lazarus и возможностью работать с сервером Интернет ThingWorx.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПО ПРОГРАММЕ БАКАЛАВРИАТА

Если проектное обучение при реализации программы обучения в школе носит, скорее, ознакомительный характер и служит цели погружения в область инженерного творчества, то программа бакалавриата подразумевает системное развитие инженерных компетенций до уровня, достаточного для самостоятельного выполнения инженерно-технических проектов.

В рамках направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» все дисциплины учебного плана сформированы в следующие модули:

1) Гуманитарный модуль – целью реализации является развитие общекультурных компетенций. В рамках модуля особое внимание уделяется развитию коммуникативных компетенций, включая освоение иностранного языка на уровне, достаточном для прохождения международной сертификации по иностранному языку.

2) Естественно-научный модуль – целью реализации является развитие компетенций инженерно-технического мышления и формирование адекватное естественно-научной картины мира.

3) Общий инженерно-технический модуль – целью реализации является развитие компетенций, свойственных всем специалистам – инженерам. В рамках модуля предусмотрены виды занятий, обеспечивающих начало формирования навыков проектно-конструкторской деятельности.

4) Профессиональный теоретический модуль – целью реализации является формирование исследовательских компетенций в рамках направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». В

рамках модуля предусмотрены виды занятий, направленных на организацию теоретических и экспериментальных исследований.

5) Схемо- и системотехнический модуль – целью реализации является формирование компетенций по проектно-расчетному виду деятельности. В рамках модуля во всех дисциплинах предусмотрены отдельные минипроекты, затрагивающие отдельные области профессиональной деятельности.

6) Профессиональный модуль – целью реализации модуля является формирование профессиональных компетенций в рамках профиля «Системы радиосвязи и радиодоступа». В рамках модуля предусмотрена реализация сквозного технического проекта в рамках концепции «Интернет вещей». Модуль реализуется, преимущественно, на 4-м курсе и заканчивается выполнением выпускной квалификационной работы бакалавра.

7) Магистерский модуль – целью реализации модуля является формирование исследовательских компетенций в рамках направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». В модуль входят дисциплины, вводящие в проблематику магистерской образовательной программы по этому же направлению.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ

Программа магистратуры является целиком проектно-ориентированной. Основным видом деятельности магистрантов является работа над магистерской диссертацией, которая заключается в разработке проекта в соответствии с выбранной тематикой. Дисциплины магистерской образовательной программы носят направляющий характер и реализуются с использованием технологий дистанционного электронного обучения, что позволяет привлекать к реализации магистерской программы специалистов со всего света.

В рамках работы над магистерской диссертацией магистрант обязан не только представить полностью законченный технический проект, но и провести его анализ с точки зрения инвестиционной привлекательности.

Результаты магистерской работы в обязательном порядке проходят через процедуру научной апробации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, организация обучения по направлению

«Инфокоммуникационные технологии и системы связи» состоит из трех циклов технического проектирования, реализуемых в сетевом взаимодействии с организациями общего и высшего образования. В каждом из циклов решается своя задача.

Конечным результатом освоения образовательных программ является разработка, как минимум, технического, а как максимум, инвестиционного проекта.

Все три цикла связаны единой логикой и соответствуют концепции «Интернета вещей». Однако магистерская образовательная программа может реализовываться и в рамках иных концептов, поскольку носит выраженный проектно-индивидуальный характер.

Реализация указанной линейки образовательных программ приводит к необходимости разработки соответствующего содержания и стандартизации. Основанием для формирования линейки программ, обеспечивающей необходимый уровень и качество реализации процесса обучения, помимо Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, является система международных стандартов подготовки инженерных кадров CDIO, а также система международных квалификационных стандартов WorldSkills и JuniorSkills.

ССЫЛКИ

- [1] Campbell, D., Beck, H. (2010) Toward Internationalized Engineering Curriculum and Student Mobility [Электр. ресурс] //CDIO Knowledge Library. Cambridge, MA; Worldwide CDIO In-itiative. URL: http://www.cdio.org/files/document/file/T2A_Paper_3.pdf [архивировано в WebCite].



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММЫ ВЬЕТНАМО-РОССИЙСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Д. Г. Арсеньев, В. И. Малюгин, В. В. Потехин,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия

Нгуен Суан Тьем, Нгуен Нгок Туан, Чан Конг Фан
Технический институт имени Ле Куй Дон, Вьетнам

Развитие единого образовательного пространства, формируемого в мире с середины девяностых годов в рамках Болонского процесса, неразрывно связано с поиском новых инновационных форм подготовки высококвалифицированных специалистов по наиболее важным стратегически перспективным направлениям развития науки и технического прогресса. Одним из таких актуальных направлений остается подготовка специалистов по перспективным специальностям, таким как системы и технологии управления.

В 2012 г. Россию посетил Президент СРВ Чыонг Тан Шанг, состоялись встречи на высшем уровне. Президент РФ В.В. Путин заявил, что «одним из наиболее значимых направлений является сотрудничество России и СРВ в области образования и подготовки кадров». Господин Чыонг Тан Шанг в своем выступлении отметил, что сейчас молодежь Вьетнама по-прежнему выбирает Российскую Федерацию в качестве места учебы и желает внести свой вклад в укрепление дружеских связей между народами наших стран. Ежегодно число вьетнамских студентов в РФ возрастает на 500-700 человек. Многие молодые люди изучают русский язык в качестве иностранного, чтобы лучше узнать страну, российский народ и героическую историю великой России. Г-н Чыонг Тан Шанг выразил надежду, что в будущем в России по всем ключевым специальностям смогут обучаться десятки тысяч вьетнамских студентов.

Создание Вьетнамо-Российского технологического университета явится наглядным свидетельством реализации российско-вьетнамского стратегического партнерства в области образования, науки и технологии, а также практическим подтверждением незыблемости отношений дружбы между Россией и Вьетнамом. Основная цель проекта: Основной целью проекта является осуществление скоординированной подготовки квалифицированных специалистов

для высокотехнологичных отраслей промышленности Вьетнама и научно-исследовательской деятельности на основе согласованных инновационных образовательных программ по специальностям, представляющим приоритетный интерес для научно-технического и социально-экономического развития обеих стран, а также содействие модернизации системы высшего образования Вьетнама в соответствии с современными образовательными стандартами в регионе и мире.

Совместные программы открывают широкие возможности интегрировать научный и педагогический потенциал вузов-партнеров для решения таких актуальных задач как повышение качественного уровня обучения, поиск и реализация новых форм эффективного взаимодействия научных и образовательных школ вузов-партнеров, внедрение новых прогрессивных форм межкультурного взаимодействия.

Основные направления сотрудничества лежат в области разработки и реализации международных образовательных программ всех уровней, программ стажировок преподавательского состава, аспирантов, сотрудников российских университетов и зарубежных вузов-партнеров и выполнение совместных научных проектов. Одним из перспективных направлений подготовки специалистов высокой квалификации, используемых в международном академическом сообществе, являются совместные научно-образовательные программы.

Предполагается, что такие программы должны быть ориентированы на гармоничное достижение двух основных целей: во-первых, дать фундаментальную теоретическую подготовку, позволяющую эффективно использовать глубокие теоретические знания специалиста для решения на высоком уровне сложных научных и исследовательских задач. Во-вторых, сформировать устойчивые навыки и умение в использовании полученных знаний для решения широкого круга прикладных инженерных задач. Гармоничное использование этих составляющих в тесной взаимосвязи позволяют подготовить специалистов нового типа, эффективно использующего глубокие системные знания в решении реальных прикладных проблем.

В качестве примера можно рассмотрим учебно-методический комплекс образовательной программы по специальности 220201 «Управление и информатика в технических системах», в рабочий учебный план которого по согласованию с Санкт-Петербургским политехническим университетом, России, был включен ряд учебных дисциплин федеральных, национально-региональных компонентов, и дисциплин по выбору математических и естественно-научных, обще-профессиональных и специальных циклов, включающих практические и лабораторные занятия для наших студентов.

Для проведения лабораторных и практических занятий по вышеназванным дисциплинам, актуальным является наличие учебно-лабораторного оборудования, методических материалов по организации таких занятий, что, безусловно, требует специальной подготовки и навыков преподавателей. Примером такого оборудования служат интегрированные стенды управления дискретным и непрерывным технологическими процессами, созданными на базе Технического института имени Ле Куи Дон, см. рис. 1 и 2, соответственно.



Рис. 1. Центр управления и средств автоматизации.



Рис. 2. Лаборатория кафедры Автоматики и вычислительной техники.

В соответствии с рабочими планами на кафедре Автоматика и вычислительная техника Государственного технического университета им. Ле Куи Дона создана и реализована программа стажировки преподавателей, объединяющая в себе как направление информатики и вычислительной техники, так и управление в технических системах.

Слушатели программы имеют возможность более детально изучить методику преподавания и учебные и вспомогательные пособия по различным учебным дисциплинам программы. В период стажировки слушатели совместно с преподавателями кафедры разрабатывают курсы лекций и практических занятий, которые могут быть реализованы и в вузе-партнере. В частности, с Государственным техническим университетом им. Ле Куи Дона в период стажировки преподавателей были детально проработаны перспективы развития совместной программы по подготовке студентов Вьетнама.

Основными результатами научно-исследовательской работы студентов, несомненно, является апробация этих результатов, а именно представление материалов и выступление с докладом в рамках научной конференции или семинара. Стажируясь на кафедре Автоматики и вычислительной техники слушатели не только знакомятся с технологией подготовки и проведения таких мероприятий, но и принимают участие в их подготовке, непосредственно. Так в 2014 году в Государственном техническом университете им. Ле Куи Дона организована Международная Вьетнамско-Российская конференция молодых ученых «Automation & Control», студентами различных курсов представлялись результаты их научно-исследовательской работы. Под руководством стажеров был подготовлен ряд выступлений студентов, чьи доклады обсуждались на семинаре кафедры. В 2014-ом 2016-ом многие преподавателя из института информационных технологий управления преподавали Вьетнамскими студентами университета Ле Куи Дон по направлению «Управление и информатика в технических системах».

Следует отметить, что при прохождении стажировки преподаватели, участвующие во Вьетнамско-Российской программе, изучили и освоили весь цикл разработки, внедрения и апробации преподавания дисциплин в области современных систем и технологий управления, применяемых во многих сферах науки и производства. В свою очередь эти дисциплины основываются на передовом уровне научно-технических разработок, результаты которых внедряются в образовательный процесс.

- [1] Aseniev, D.G., Overmeyer, L., Potekhin, V.V., Shkodyrev, V.P. Educational and Research Training Program for IT-specialists in International Academic Cooperation, Results of Joint Research Activity of Scientists from Saint-Petersburg State Polytechnical University and Leibniz University of Hanover, SPSPU, pp. 53-65, 2010.
- [2] Potekhina, E.V., Potekhin, V.V., Surygin, A.I. Master Degree Programme in the Field of Information Technology and Computers, Proceedings of 40th SEFI Conference, Thessaloniki, Greece, 23-26 September, 2012.
- [3] Potekhina, E.V., Potekhin, V.V., Selivanova, E.N., Shkodyrev, V.P. Double Degree Programme in Engineering Education: Practice and Prospects, Proceedings of 41st SEFI Conference, Leuven, Belgium, 16-20 September, 2013.



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ИНТЕГРАЦИЯ НОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПРОФИЛЬНОЙ МАГИСТРАТУРЫ С ПРОЕКТОМ «СИНЕРГИЯ»

Иосиф Брейдо, Александр Кочкин, Борис Фешин

Кафедра АПП
Карагандинский государственный технический университет
Бульвар Мира, 56
100027 Караганда, Казахстан
jbreido@mail.ru

Реферат

Перспективным направлением развития дистанционного инженерного e-learning является объединение лабораторной базы технических университетов с использованием технологий Интернета на основе оборудования передовых компаний.

В рамках этой концепции под эгидой компании «Festo» развивается международный образовательный проект «Синергия», в котором участвуют МЭИ (Москва), СПбПУ (Санкт-Петербург), БГТУ (Военмех, Санкт-Петербург), ОмГТУ (Омск), СевГТУ (Севастополь), КарГТУ (Караганда).

На первом этапе проекта реализованы принципы международной интеграции образовательного процесса на основе Интернет-технологий и объединенной лабораторной базы, нового учебно-методического обеспечения и лучших преподавателей ведущих технических университетов.

В 2012/ 2013 учебном году начато регулярное обучение в Интернете в международной магистратуре. Занятия ведутся в сетке расписания в течение трех семестров в рамках модулей, подготовленных вузами-партнерами.

Накопленный опыт позволил в процессе подготовки кадров для Государственной программы индустриально-инновационного развития

Казахстана разработать в КарГТУ новую междисциплинарную программу профильной магистратуры «Робототехника. Системы управления» по специальности «Автоматизация и управление». Ее финансирование осуществляется из средств Национального Фонда.

Предложенная программа одобрена МОН РК, в том числе по причине ее интеграции с международным проектом «Синергия».

Модульная программа разработана на основе опыта подготовки специалистов по робототехнике и автоматизации в ведущих технических университетах мира.

В ее разработке, экспертизе и реализации приняли участие профессора вузов – партнеров проекта Синергия и ДАААМ International. На базе ДАААМ International, СПбПУ, БГТУ и ОмГТУ организованы стажировки магистрантов и ППС.

При реализации программы применяются комбинированные технологии, основанные на чтении лекций магистрантам КарГТУ по Интернету ведущими преподавателями МЭИ, СПбПУ и ОмГТУ, и на преподавании спецкурсов приглашенными профессорами вузов-партнеров. Преподаватели КарГТУ читают лекции в аудитории своим магистрантам и одновременно – по Интернету студентам вузов-партнеров.

ВВЕДЕНИЕ

Перспективным направлением развития дистанционного инженерного e-learning является объединение лабораторной базы технических университетов с использованием технологий Интернета на основе оборудования передовых компаний.

В рамках этой концепции под эгидой компании «Festo» развивается международный образовательный проект «Синергия», в котором участвуют МЭИ (Москва), СПбПУ (Санкт-Петербург), БГТУ (Военмех, Санкт-Петербург), ОмГТУ (Омск), СевГТУ (Севастополь), КарГТУ (Караганда).

Для обеспечения практической составляющей проекта в КарГТУ было приобретено лабораторное оборудование производства «Festo» по автоматизации и мехатронике.

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММЫ С ПРОЕКТОМ «СИНЕРГИЯ»

В процессе развития проекта было налажено устойчивое взаимодействие между вузами-партнерами, что на последующих этапах развития проекта позволило

реализовать принципы международной интеграции образовательного процесса на основе Интернет-технологий и объединенной лабораторной базы, нового учебно-методического обеспечения и лучших преподавателей ведущих технических университетов.

Основная идея заключалась в реализации элитного инженерного образования, причем выпускники должны были освоить современные программно-аппаратные средства автоматизации и технологии проектирования. Программа предполагала передачу студентам теоретических знаний, необходимых для выполнения проекта, практическую работу над проектом и поэтапное («помодульное») написание проекта. В конце студент должен представить законченный проект объекта автоматизации в зависимости от выбранного направления.

В 2012/2013 учебном году начато регулярное обучение по Интернету в международной магистратуре. Занятия ведутся в сетке расписания в течение трех семестров в рамках модулей, подготовленных вузами–партнерами.

Каждый из 3-х вузов–партнеров МЭИ, ОмГТУ и КарГТУ запланировал свои модули модуль. КарГТУ подготовил и проводит, начиная с 2012 года, 3-х семестровый модуль «Проектирование автоматизированных технологических линий», содержащий основы проектирования конвейрных линий, приводы конвейнеров, системы автоматизации и диспетчерского контроля конвейрных линий. Соответственно, свои подготовленные модули ведут вузы–партнеры.

На основании договора, подписанного с ТЦИ-Фесто и на базе дополнительно приобретенного оборудования производства «Festo» в КарГТУ был создан Республиканский научно-образовательный центр «КарГТУ – Фесто – Синергия».

В 2015 г. в Казахстане начался новый этап модернизации системы высшего образования, проводимой по инициативе Президента страны Н.А. Назарбаева и ориентированной на подготовку кадров для Государственной программы индустриально-инновационного развития Казахстана (ГПИИР-2).

Перед вузами республики поставлены следующие задачи:

1. Разработка и внедрение практико-ориентированных образовательных программ в рамках ГПИИР-2 на примере ведущих мировых практик, направленных на подготовку специалиста по компетенциям, востребованным конкретными предприятиями.

2. Организация учебного процесса в магистратуре, в ходе которого обеспечивается экспериментально-исследовательская работа по темам, согласованным с предприятием и для предприятия, длительная производственная практика по согласованной теме, завершающаяся подготовкой и защитой выпускной работы.

3. Модернизация лабораторной базы при целевом финансировании из госбюджета, что позволит повысить уровень практической подготовки выпускников на передовом оборудовании мировых производителей.

4. Постоянное поддержание системы обеспечения качества образования, что предусматривает повышение квалификации ППС в зарубежных топ-вузах.

5. Совершенствование системы корпоративного управления вузом как основы для взаимодействия с бизнес-сообществом.

При реализации проекта «Синергия» была поставлена и решалась первая и частично третья задачи и, самое главное, отсутствовала его государственная поддержка.

Накопленный опыт стал основой для разработки в КарГТУ новой междисциплинарной программы профильной магистратуры «Робототехника. Системы управления» по специальности «Автоматизация и управление» для подготовки кадров ГПИИР-2.

Программа разработана на основе образовательных программ в области робототехники и автоматизации топ–университетов Massachusetts Institute of Technology (США) и ETH Zurich – SwissFederal Institute of Technology Zurich (Швейцария).

Непосредственное участие в ее разработке, экспертизе и реализации приняли участие профессора вузов–партнеров проекта Синергия и ДАААМ International, в том числе Венского технологического университета, СПбПУ, БГТУ, ОмГТУ, а также специализированные фирмы Казахстана в области автоматизации.

Образовательная Программа "Робототехника. Системы управления" Модульного Типа. Ее основные особенности заключаются в решении прикладных инженерных задач. Теоретическое обучение производится в первом и втором семестрах.

Каждый модуль включает согласованные между собой дисциплины и заканчивается комплексной курсовой работой. Модульная курсовая работа содержит задания, требующие знания всех дисциплин модуля.

Практика проходит в течение 12 недель на передовом предприятии или исследовательской лаборатории за пределами университета после первого курса.

В процессе обучения выполняется семестровый курсовой проект, направленный на решение инженерной задачи исследовательской направленности. В третьем семестре разрабатывается итоговый магистерский проект на основе материалов, полученных во время практики на передовом предприятии по согласованной с ним теме.

Разработанная программа одобрена МОН РК, в том числе по причине ее интеграции с международным проектом «Синергия».

Финансирование Программы осуществляется из средств Национального Фонда.

Образовательная программа ориентирована на подготовку специалистов в области автоматизации, востребованных уже сегодня и готовых принять в ближайшее время самое активное участие в реализации проектов ГПИИР-2 с одновременным обучением магистров в области робототехники для новых предприятий, которые в настоящее время находятся в стадии модернизации или строительства.

Задачи программы:

– Подготовка специалистов на основе междисциплинарных образовательных программ ТОП-университетов по робототехнике и системам управления.

– Подготовка специалистов, обеспечивающих квалифицированную эксплуатацию оборудования ведущих мировых производителей.

– Подготовка специалистов, способных участвовать в создании новых импортозамещающих средств автоматике, робототехнике, контрольно-измерительных приборов и другого оборудования.

– Системное взаимодействие с ведущими зарубежными университетами в плане подготовки специалистов по робототехнике и системам управления.

– Реализация совместных образовательных программ с ведущими зарубежными университетами.

– Выполнение научных и инновационных проектов в области робототехники и автоматизации для решения задач ГПИИР-2.

– Развитие международного образовательного Интернет-проекта "Синергия" для нужд ГПИИР-2.

При реализации программы применяются комбинированные технологии, основанные на чтении лекций магистрантам КарГТУ по Интернету ведущими преподавателями МЭИ, СПбПУ и ОмГТУ и на преподавании спецкурсов приглашенными профессорами вузов–партнеров. Преподаватели КарГТУ читают лекции в аудитории своим магистрантам и одновременно – по Интернету студентам вузов–партнеров.

Принципиальным отличием новой программы от аналогичных является то, что в ее реализации на регулярной основе участвуют ведущие профессора вузов – участники проекта «Синергия». Это позволяет спланировать учебный процесс таким образом, что в сетевом режиме по Интернету читается полный курс без необходимости выезда на длительный срок успешных профессоров в зарубежные вузы без ущерба для их основной работы.

Разработчики и эксперты новой программы участники проекта «Синергия» профессора Б. Каталинич, С.М. Стажков, В.Г. Хомченко, О.С. Ипатов прочитали циклы лекций в КарГТУ по новой программе.

Один из модулей – «Промышленные роботы» полностью ориентирован на его изучение в рамках проекта в Интернет–режиме.

В сетевом режиме в весеннем семестре 2016 г. этот модуль по Интернету магистрантам КарГТУ провел профессор Хомченко В.Г.

В весеннем семестре 2016 г. прочитан новый 4-х модульный совместный междууниверситетский курс «Интеллектуальные системы управления», каждый модуль которого читается по Интернету преподавателями МЭИ, СПбПУ, КарГТУ и ОмГТУ. Этот курс входит в учебный план новой образовательной программы.

По согласованной программе в СПбПУ в осеннем семестре прошли обучение 30 магистрантов КарГТУ с выдачей сертификатов, на осенний семестр запланирована стажировка еще такого же количества магистрантов.

Также по согласованной программе прошли курсы повышения квалификации в СПбПУ с выдачей сертификатов 9 преподавателей кафедры.

В летний период 2016 г. практику в Венском технологическом университете и на предприятиях «Festo» на английском языке пройдут 3 магистранта образовательной программы, причем практика организуется проф. Б. Каталиничем в рамках проекта «Синергия».

На средства, выделенные из бюджета, приобретен новый комплект оборудования «Festo» для изучения мехатроники, который предназначен для получения практических навыков обслуживания и ремонта робототехнических и мехатронных устройств. Этот комплекс оснащен промышленными контроллерами Мицубиши-электрик, переданными безвозмездно кафедре компанией «Казпромавтоматика».

Приобретен также учебный класс «Schneider Electric», содержащий учебные стенды по робототехнике, системам управления, автоматизации, электромеханике, на базе которого организован Авторизованный обучающий Центр «КарГТУ – Шнейдер-Электрик» совместно с корпорацией «Schneider Electric» (Франция).

Обучающие центры являются катализаторами внедрения современных технологий и оборудования в учебный процесс ВУЗа. Здесь проводятся тренинги работников промышленности на современном оборудовании мировых производителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, осуществляется эффективная интеграция международного образовательного Интернет-проекта «Синергия» с новой образовательной программой профильной магистратуры «Робототехника. Системы управления», ориентированной на подготовку инженерных кадров для Государственной программы индустриально-инновационного развития Казахстана.



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

К ВОПРОСУ РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В САНКТ- ПЕТЕРБУРГСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

О.Е. Печковская¹, Е.В. Потехина², Е.Н. Селиванова², В.П. Шкодырев²

¹Белорусско-Российский университет
Проспект Мира, 43
212000 Могилев, Республика Беларусь

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Улица Политехническая д. 29
195251 Санкт-Петербург, Россия
e-mail ведущего автора: cst@icc.spbstu.ru

Реферат

В статье рассматриваются вопросы создания и обобщаются первые результаты реализации сетевых программ дополнительного профессионального образования, разработанных совместно сотрудниками Санкт-Петербургского политехнического университета и Белорусско-Российского университета (г. Могилев, Белоруссия). Авторы проводят анализ программ профессиональной переподготовки «Интеллектуальные системы управления» и «Интеллектуальные проблемы промышленной автоматизации» для магистров, программ повышения квалификации в форме стажировки «Системы и технические средства автоматизации и управления» и «Промышленная автоматизация», программ повышения квалификации для преподавателей «Промышленные информационно-управляющие системы и технологии». Все названные программы созданы в рамках направления подготовки «Управление в технических системах». Практические занятия проводятся на современном техническом оборудовании компании Festo, Siemens и Schneider Electric. В результате их освоения слушатели приобретают необходимые навыки работы в области создания и эксплуатации современных систем обработки информации и управления.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из путей повышения качества инженерного образования, повышения конкурентоспособности выпускников на российском и международном рынках труда является сетевая форма реализации образовательных программ [1,2]. Использование сетевой формы в организации учебного процесса позволяет студентам выбирать различные профили подготовки, знакомиться с достижениями современных российских и зарубежных научных школ, прослушать лекции ведущих преподавателей. Далее в статье рассматриваются результаты внедрения сетевой формы реализации образовательных программ в учебную деятельность СПбПУ.

ВНЕДРЕНИЕ СЕТЕВОГО ПРОЕКТА «СИНЕРГИЯ» В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (СПбПУ) в настоящее время существует более 20 сетевых образовательных программ и международных образовательных программ двойных дипломов на иностранном языке. Очередным шагом в области совместной деятельности вузов по эффективному использованию имеющихся образовательных ресурсов является международный университетский сетевой проект «Синергия», в реализации которого участвуют, наряду с СПбПУ, Балтийский государственный технический университет, Карагандинский государственный технический университет (Казахстан), Национальный исследовательский университет «МЭИ», Севастопольский государственный университет, Уральский федеральный университет, Омский государственный технический университет, Новгородский государственный университет.

В рамках настоящего проекта в 2016/17 учебном году в сетевой форме будет реализовываться программа подготовки магистров по направлению «Управление в технических системах «Распределенные интеллектуальные системы управления».

Создание на базе СПбПУ Северо-Западного межвузовского регионального учебно-научного центра «СПбПУ – Фесто «Синергия» позволяет не только одновременно проводить занятия по согласованным вузами-партнерами учебным дисциплинам, но и является технической основой научно-исследовательской работы студентов и аспирантов, программ повышения квалификации (например, «Промышленные информационно-управляющие системы и технологии» по направлению «Управление в технических системах»). Учебно-научный центр «СПбПУ

– Фесто «Синергия», лаборатории SAP ERP, «Компьютерного управления станками и промышленными роботами», «Управляющих компьютерных сетей и технологий корпоративного управления», «Интеллектуальных систем и технологий» являются также инструментарием успешной реализации совместных международных образовательных программ как двойного диплома, так и краткосрочных.

Это объясняется тем, что установками фирмы Festo оборудованы научно-исследовательские лаборатории большинства европейских университетов, а профессорско-преподавательский и учебно-вспомогательный персонал имеет опыт проведения всех видов занятий на английском языке.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Разработка и реализация программ дополнительного профессионального образования (переподготовки, повышения квалификации) хорошо согласуется с использованием сетевой формы обучения. [3] В настоящее время активно развивается сотрудничество в области создания подобных программ с университетами стран – членов Единого образовательного пространства: Белорусско-Российским университетом, г. Могилев, Республика Беларусь (БРУ), и Карагандинским государственным техническим университетом, г. Караганда, Республика Казахстан (КГТУ).

Первая сетевая образовательная программа дополнительного профессионального образования – программа переподготовки по направлению 27.04.04 «Управления в технических системах» «Интеллектуальные системы управления» - была разработана совместно преподавателями и сотрудниками Института компьютерных наук и технологий (ИКНТ) СПбПУ и электротехнического и инженерно-экономического факультетов БРУ. Программа рассчитана на студентов выпускных курсов специалитета, магистрантов, аспирантов и знакомит слушателей с основами теории и практики применения управляющих систем с искусственным интеллектом. В процессе создания программы были проанализированы учебные планы и требования образовательных стандартов. Была доказана возможность перезачета ряда дисциплин учебного плана программы переподготовки или их разделов и дисциплин, изученных слушателями из БРУ ранее в своем вузе. На базе СПбПУ со слушателями проводятся аудиторные занятия по дисциплинам «Математические модели интеллектуальных систем управления», «Интеллектуальные системы обработки данных». В разделе «Реализация

интеллектуальных систем управления» рассматриваются современные тенденции управления техническими объектами, структура и особенности функционирования систем промышленной автоматизации. Слушателями выполняется лабораторный практикум на базе программируемых логических контроллеров Siemens. Слушатели принимают участие в экскурсиях на промышленные предприятия Петербурга. В течение 2015 года документы СПбПУ о профессиональной переподготовке получили 30 студентов инженерно-экономического и электротехнического факультетов, аспирантов БРУ.

Начало реализации разработанного в СПбПУ и размещенного на Национальном портале открытого образования практико-ориентированного курса «Современная промышленная электроника» и использования базы учебно-научного центра «СПбПУ – Фесто «Синергия» стало основой дальнейшего развития в области создания новых сетевых программ переподготовки. В мае 2016 года 15 студентов БРУ успешно освоили новую программу переподготовки – «Интеллектуальные системы промышленной автоматизации». В учебный план программы дистанционный курс «Современная промышленная электроника» включен в качестве дисциплины по выбору, и студент, желающий принять участие в программе, может выполнить часть ее заранее и по приезде в СПбПУ на практике закрепить полученные ранее навыки и знания. В целях усиления практической компоненты программы в ее учебный план введены дисциплины: «Решение типовых задач автоматизации средствами электропривода», «Графическое программирование», «Программируемые логические контроллеры». Во время экскурсии на предприятие слушатели знакомятся с оборудованием фирмы Sew Eurodrive.

В мае 2016 года между ИКНТ СПбПУ и электротехническим факультетом БРУ был подписан протокол о намерениях, в котором, наряду с дальнейшим развитием таких форм сотрудничества, как осуществление совместных научно-исследовательских программ, разработка и реализация программ переподготовки и повышения квалификации профессорско-преподавательского и административного состава, обмен преподавателями, научными сотрудниками для чтения лекций, выполнение совместных проектов с ведущими исследовательскими центрами и промышленными компаниями, особое внимание уделено вопросам разработки и реализации совместных образовательных программ. В частности, планируется изучить возможность, при положительном результате, начать разработку программы двух дипломов. При успешном освоении такой программы студент будет иметь возможность получить диплом бакалавра по

направлению «Управление в технических системах» СПбПУ и диплом специалиста по профилю подготовки на электротехническом факультете БРУ. Успех этого начинания может быть обусловлен активным внедрением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, разработкой собственных образовательных стандартов СПбПУ, большим опытом сотрудников СПбПУ в области создания международных программ подготовки магистров по модели «два диплома за два года», наличием высококвалифицированного профессорско-преподавательского состава, знакомого с особенностями организации учебного процесса в вузах-партнерах. Последнему фактору может способствовать программа повышения квалификации преподавателей, созданная в СПбПУ, «Промышленные информационно-управляющие системы и технологии». В 2015 году эту программу окончили 9 преподавателей кафедр «Автоматизированные системы управления», «Электропривод и автоматизация промышленных установок», «Программное обеспечение информационных технологий» БРУ.

Другая форма создания сетевых образовательных программ реализуется совместно СПбПУ и КГТУ – программа повышения квалификации в форме стажировки. [3] В настоящее время существуют две такие программы: «Системы и технические средства автоматизации и управления» в объеме 40 часов и «Промышленная автоматизация» в объеме 72 часов. Программы реализуются в лабораториях «Микропроцессоры и промышленные контроллеры», «Электропривод», «Интеллектуальные системы и технологии» кафедры «Системы и технологии управления» и на базе учебно-научного центра «СПбПУ – Фесто «Синергия». Во время стажировки слушатели имеют возможность ознакомиться с промышленными контроллерами фирм «Siemens» и «Schneider Electric», с современными подходами к решению задач автоматизации средствами электропривода. За 2015 – 2016 годы стажировку прошли 44 студента КГТУ. Поскольку КГТУ является участником проекта «Синергия», данные программы можно рассматривать как основу для перспективных направлений дальнейшего развития проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из сказанного выше следует, что сетевая форма организации программ дает широкий спектр возможностей как в создании и реализации основных образовательных программ высшего инженерного образования, так и программ дополнительного профессионального образования.

ССЫЛКИ

- [1] Образовательная политика в части управления и реализации моделей образовательных программ высшего образования, СПбПУ, 2016 г.
- [2] Положение о сетевой форме реализации образовательных программ, СПбПУ, 2015 г.
- [3] Положение о порядке организации и осуществлении образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, СПбПУ, 2015 г.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ МНОГОЛЕТНЕГО УЧАСТИЯ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА В ПРОЕКТЕ «СИНЕРГИЯ»

Вадим Крамарь, Алексей Кабанов, Михаил Майстришин

Севастопольский государственный университет,
ул. Университетская, 33
299053 Севастополь, Россия
kramar@sevsu.ru

Реферат

Распределенность современного, зачастую уникального, оборудования по выпускающим кафедрам не позволяет эффективно решать вопросы организации учебного процесса с целью использования его при подготовке студентов смежных технических специальностей, своевременно и качественно разрабатывать методическое обеспечение - учебники и учебные пособия, создавать интегрированные обучающие системы и комплексы, являющиеся связующим звеном между студентами различных технических специальностей, а также осуществлять с минимальными временными и материальными затратами их обновление, обслуживание и ремонт. С целью консолидации материально-технических и методических ресурсов университета создан Южно-европейский межвузовский научно-образовательный центр СевГУ-Фесто «Синергия» (ЮЕМНОЦ СевГУ-Фесто «Синергия»), на базе которого сегодня реализуются образовательные программы более чем по 10 инженерным направлениям подготовки.

Технологическое оборудование ЮЕМНОЦ СевГУ-Фесто «Синергия» позволило произвести не только множество научных исследований студентами, молодыми учеными, аспирантами при выполнении диссертационных работ, но и обучать школьников в рамках профессиональной ориентации.

Дальнейшее сотрудничество и расширение списка участников проекта «Синергия» позволит качественно перейти на новый уровень, отвечающий требованиям мировых стандартов инженерного образования.

ВВЕДЕНИЕ

Создание в 2005 году учебного центра Festo в г. Севастополе является результатом многолетнего сотрудничества севастопольского университета с международным концерном Festo. Вместе с созданием центра университет стал одним из первых участников межвузовского сетевого образовательного проекта «Синергия» [1].

В 2015 году центр получил новое название: Южно-европейский межвузовский научно образовательный центр СевГУ-Фесто «Синергия» (ЮЕМНОЦ СевГУ-Фесто «Синергия») став структурным подразделением Севастопольского государственного университета.

СТРУКТУРА ЮЕМНОЦ СЕВГУ-ФЕСТО «СИНЕРГИЯ»

В составе ЮЕМНОЦ СевГУ-Фесто «Синергия» 10 учебных лабораторий с общей годовой загруженностью более 6 тыс. часов в год учебных занятий, в которых сконцентрировано по целевому назначению оборудование и учебно-методическая



документация, межкафедральное студенческое конструкторское бюро, два конференц-зала оснащенные современным мультимедийным оборудованием позволяющее проводить занятия в «онлайн» режиме совместно с остальными участниками проекта «Синергия».

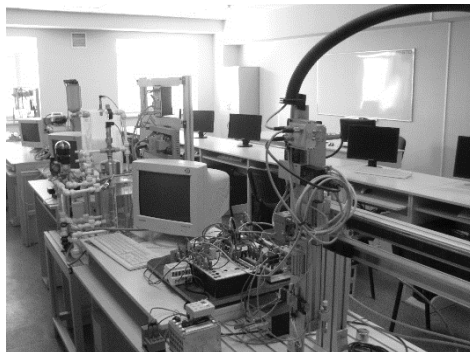
Подготовка студентов инженерных специальностей на базе ЮЕМНОЦ СевГУ-Фесто «Синергия» реализуется в лабораториях, техническое оснащение которых позволяет осуществлять в дополнение к теоретической практическую подготовку по дисциплинам, связанным с автоматизацией технологических процессов, управлением техническими системами, промышленной механотроники и робототехникой, сенсорикой автоматизированных технологических систем следующих направлений подготовки: автоматизация технологических процессов и производств, биотехнический системы и технологии, конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской

инфраструктуры, приборостроение, стандартизация и метрология, техносферная безопасность, управление в технических системах, эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики, эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, эксплуатация судовых энергетических установок.

Ниже дано описание специализированных лабораторий ЮЕМНОЦ СевГУ-Фесто «Синергия» позволяющих реализовывать образовательные программы по упомянутым направлениям подготовки в том числе в рамках проекта «Синергия».

Лаборатория систем управления

Лаборатория содержит следующее учебно-исследовательское оборудование: пневмосистема двухкоординатного позиционирования на базе безштоковых пневмоцилиндров и контроллера SPC200 фирмы Festo; гидравлическая станция (модуль MPS-PA) по изучению непрерывных процессов, позволяющая осуществлять контроль за температурой, давлением, скоростью потока и уровнем жидкости; пневматические задвижки судовых трубопроводов, управляемые с помощью модульной системы, включающей в себя контроллер FEC фирмы Festo; ленточный конвейер, управляемый контроллером LOGO; манипуляционный механизм на базе пневмомускулов, управляемый контроллером FEC20 фирмы Festo; 13 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть.



Лаборатория механотронных промышленных систем

Лаборатория включает в себя следующее оборудование: пять модульно-производственных систем (MPS) для различных технологических процессов; токарный станок с программным управлением; промышленный робот «Mitsubisi», буферная



накопительная система для загрузки/разгрузки токарного станка; станцию управления разливом жидкости (модуль MPS-PA); 13 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть.

Основные читаемые в лаборатории дисциплины: «Гибкое автоматизированное производство и роботизированные комплексы», «Микропроцессорные и программные средства автоматизации», «Распределенные компьютерные информационно-управляющие системы».

На стендах MPS осуществляется подготовка студентов по стандартам WorldSkills Russia по компетенции «Мехатроника».

Лаборатория сенсорики

Лаборатория закреплена предназначена для изучения и исследования студентами характеристик измерительных преобразователей и датчиков на их основе. В состав лаборатории входят: комплект датчиков для измерения усилий давления исполнительных органов технологического оборудования, рабочих сред; комплект датчиков для контроля точности позиционирования рабочих органов и объектов производства, перемещений и качества обработки; комплект дискретных датчиков контактного и бесконтактного типов; 14 персональных компьютеров объединенных в локальную сеть.

В число лабораторных работ выполняемых студентами в лаборатории входят: «Исследование тензометрических преобразователей усилия»; «Исследование преобразователей для контроля давления»; «Исследование бесконтактного индуктивного преобразователя»; «Потенциометрические и ультразвуковые преобразователи»; «Исследование оптического преобразователя»; «Исследование дискретного ёмкостного датчика».

Основные читаемые в лаборатории дисциплины: «Приборы контроля расхода жидкостей и газов», «Сенсорные и электронные элементы мехатронных систем».

Лаборатория элементов и систем автоматизированного гидропривода

Лаборатория оснащена двумя двусторонними универсальными лабораторными стендами фирмы «Festo», каждый из которых позволяет одновременно выполнять работу двум бригадам (как правило, состоящим из двух студентов). В лаборатории проводится комплекс лабораторных

работ по гидроавтоматике и гидроприводу, локальным системам гидроавтоматики, исследованию динамических процессов в гидроприводе. Все лабораторные схемы сначала отрабатываются на виртуальных моделях при помощи программы «FluidSim», а лишь затем на лабораторном оборудовании.



Лабораторный комплект одного стенда позволяет собирать более 20 различных лабораторных установок. Основные читаемые в лаборатории дисциплины: «Гидравлика и гидропневмопривод», «Следящий пневмо-гидропривод», «Элементы и системы автоматизированного пневмогидропривода».

Лаборатория автоматизированного пневмопривода

Оборудование лаборатории представлено пятью двусторонними стендами, позволяющими одновременно десяти бригадам из двух студентов проводить комплекс работ по пневмоавтоматике и пневмоприводу, электропневмоавтоматике, пневматической логике, пропорциональной пневмоавтоматике и пневмоприводу а также по исследованию динамических процессов в пневмоприводе.

Лабораторный комплект одного стенда позволяет собирать более 20 видов лабораторных установок для лабораторных работ таких как: исследование пневматических приводов; исследование характеристик пневматических цилиндра двустороннего действия с изменяемой нагрузкой на его штоке; исследование эксплуатационных характеристик пневмораспределителей с пневматическим управлением; реализация логических операций на элементах высокого давления; исследование электропневматических схем дискретного управления пневмоприводами.

Основные читаемые в лаборатории дисциплины: «Гидравлика и гидропневмопривод», «Следящий пневмо-гидропривод», «Элементы и системы автоматизированного пневмогидропривода». «Технические средства автоматизации и управления».

Лаборатория автоматизированного электропривода

Лаборатория оснащена комплектами специализированного оборудования 13 компьютерами, объединенными в локальную сеть. В комплектацию лабораторных установок входят серво- и шаговые

двигатели, линейные электроприводы, контроллеры «FESTO» и «SIEMENS», позволяющие осуществлять управление исполнительными механизмами при помощи программ, разработанных и отлаженных на компьютерах.

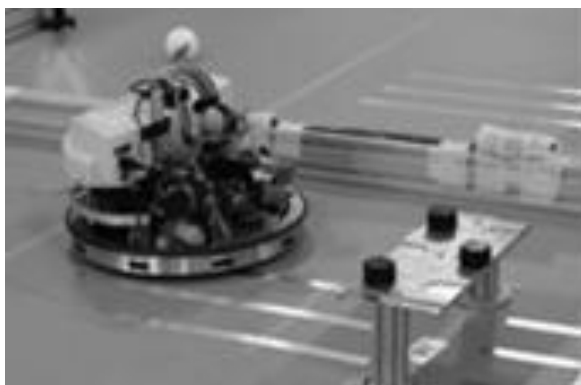
В качестве примеров лабораторных работ выполняемых студентами университета можно указать: «Исследование работы программируемого логического контроллера FES FC620 с электроприводом постоянного тока на основе двигателя типа MTR-DCI»; «Исследование электромеханической системы с электрическим серводвигателем переменного тока и управляющим контроллером»; «Моделирование динамического процесса электромеханической системы автоматического управления»; «Моделирование пуска асинхронного электрического двигателя на ЭВМ»; «Моделирование пуска двигателя постоянного тока на ЭВМ»; «Исследование нелинейной системы автоматического управления двигателем постоянного тока».

На базе оборудования лаборатории выполнен эксперимент для диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Управление перемещением объектов конечной жесткости в автоматизированном производстве».

Лаборатория управления движением

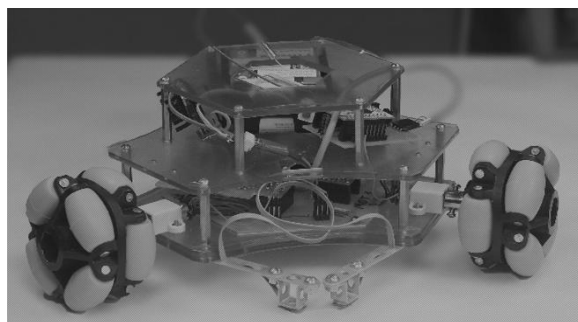
В лаборатории управления движением находятся два лабораторных комплекса для исследования законов управления мобильным роботом с роликонесущими колесами – «Robotino». В лаборатории проводятся практические работы в рамках дисциплин: теория автоматического управления, оптимальные и адаптивные системы, цифровые системы управления. Студенты отрабатывают применение различных законов управления (оптимальных, терминальных, адаптивных) к сложным системам автоматического управления на примере мобильного робота. Выполняемые в лаборатории исследования используются студентами при подготовке выпускных работ бакалавров и магистров.

Также на базе данной лаборатории организовано студенческое конструкторское бюро (СКБ) по мобильной робототехнике, где студенты занимаются техническим творчеством, разрабатывают и внедряют в исследовательский



и учебный процесс мобильные роботы собственного производства.

На базе лаборатории также реализуются различные студенческие технологические проекты в области робототехники. Среди последних успешных проектов можно



указать проект «Create Robots in Sevastopol» (CRiS), который посвящен разработке мобильной платформы образовательной робототехники на базе контроллера Arduino и подразумевает разработку собственной мобильной платформы и соответствующего учебно-методического комплекса для организации курсов по мобильной робототехнике для школьников и студентов.



Данный проект получил поддержку Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, студенты выиграли грант конкурса «УМНИК». К успешным результатам данного проекта следует отнести 3-е место в Международном финале олимпиады «IT-Планета 2015», а также 1-е место на

Всероссийском этапе олимпиады «IT-Планета 2016» в конкурсе свободной робототехники, номинация «Изделие».

Также следует заметить, что на базе имеющегося оборудования ведется подготовка студентов по стандартам WorldSkills Russia по компетенции «Мобильная робототехника». Одно из последних достижений – в финале Национального чемпионата WorldSkills Russia команда Севастопольского государственного университета заняла 3-е место по данной компетенции.

РЕАЛИЗАЦИЯ СЕТЕВОГО ПАРТНЕРСТВА

Лаборатории проекта «Синергия» в начале своего существования были разработаны на основе моделирования модульных производственных систем (MPS) Festo (системы тестирования,

перемещения, сборки) [2]. Эти системы включают реальные приводы, датчики, контроллеры и физические модели промышленного оборудования. Для каждой системы был реализован математический тренажер. Эти тренажеры могут работать как с виртуальными, так и с реальными контролерами.

Каждый участник проекта имеет классы механотроники и Интернет-лаборатории. Рабочими местами студентов в классе являются персональные компьютеры, объединенные локальной сетью. В библиотеках программного обеспечения компьютеров установлены виртуальные модели всех MPS. Студенты, используя виртуальные модели, готовят управляющие программы для контроллеров MPS и отправляют их через локальную сеть к главному серверу.

Участники проекта имеют возможность разрабатывать программное обеспечение для удаленного доступа к MPS в режиме «on-line». Такой режим работы необходим для самостоятельной работы студента. В этом случае эксперименты могут следовать друг за другом без перерыва. Студент имеет возможность начинать и останавливать программу по его собственному усмотрению. В режиме «on-line» главный сервер формирует для студентов анимированные изображения работы MPS. Результаты работы могут отображаться как на компьютерах студентов, так и на мониторе в специализированной лекционной аудитории, оснащенной видео/аудио системой, при проведении лекционных занятий.

В рамках проекта в ЮЕМНОЦ СевГУ-Фесто «Синергия» и университетах партнерах установлено широкополосное соединение с Интернет, эта связь дает возможность для преподавателей читать лекции для всех университетов одновременно с помощью подготовленных аудио-и видео-объектов. Дальнейшее развитие этой системы в проекта «Синергия» может дать возможность получать полноценное техническое образование не только для студентов, но и для каждого желающего.

Созданная структура может расширяться и быть дополнена новой техникой, методикой и новыми участниками среди которых университеты Болгарии, Турции, Белоруссии, Казахстана.

- [1] I. Bagimov, V. Klevakin, V. Kramar, M. Mikhailov, P. Mogilnikov, P. Roslyakov, V. Shalai, S. Stazhkov. *International Educational Project "SYNERGY"*, Annals of DAAAM for 2007 & Proceedings of the 18th International DAAAM Symposium, 473-474 (2007).
- [2] В.А. Крамарь, В.В. Альчаков, И.А. Багимов. *О создании распределенных лабораторий систем и средств автоматизации в рамках проекта «Синергия»*, Материалы 7 международной научно – методической конференции «Дистанционное обучение образовательная среда 21 века», Минск, БГУИР, 78-79 (2007).



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «ОМГТУ-FESTO» В МЕЖДУНАРОДНОМ СЕТЕВОМ ИННОВАЦИОННО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЕКТЕ «СИНЕРГИЯ»

Косых А. В., Шалай В. В, Хомченко В. Г., Тоцкая И. В.

Кафедра «Автоматизация и робототехника»
Омский государственный технический университет
Проспект Мира, 11,
644050, г. Омск, Российская Федерация
e-mail: v_khomchenko@mail.ru

Реферат

В статье приводятся сведения об организации научно-методической работы учебного центра «ОмГТУ–FESTO» как одного из ВУЗов-партнеров стран СНГ, объединенных в рамках международного сетевого инновационно-образовательного проекта «Синергия». Сообщается об опыте и о различных формах обучения студентов ОмГТУ и слушателей промышленных и проектных предприятий различных регионов Западной Сибири и Урала.

ВВЕДЕНИЕ

В 2006 году по инициативе Елисеева А.С., д.т.н., профессора, летчика-космонавта, дважды Героя СССР, германского концерна FESTO и Омского государственного технического университета в ОмГТУ при кафедре «Автоматизация и робототехника» был образован Учебный центр «ОмГТУ –FESTO». В этом же году Учебный центр «ОмГТУ –FESTO» вошел в международный инновационно-образовательный проект «Синергия», созданный на основе подобных центров России и других стран СНГ Елисеевым А. С.

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ЦЕНТРА «ОмГТУ – FESTO»

Концерн FESTO на льготных условиях оснастил Учебный центр «ОмГТУ – FESTO» современными аппаратными и программными средствами и системами автоматизации, а также объединил центры в единую учебно-информационную сеть специально выделенным каналом VPN в интернете.

В настоящее время в учебном центре «ОмГТУ – FESTO» имеются:

- рабочие станции серво- и шаговых приводов фирмы FESTO;
- программируемые логические контроллеры фирм SIEMENS, AllenBradley и FESTO с соответствующим программным обеспечением;
- стенды электропневмо- и электрогидроавтоматики фирмы FESTO;
- учебный робот фирмы Mitsubishi Electric;
- программные продукты для автоматизированного создания управляющих программ FluidSim-H-P, а также универсальный программный комплекс Cosimir с широкими возможностями разработки программного обеспечения для автоматизированного оборудования;
- рабочая станция «Компакт станция» для моделирование непрерывных технологических процессов;
- учебно-методические материалы фирмы FESTO-Didactic.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УЧЕБНОГО ЦЕНТРА «ОмГТУ – FESTO» В РАМКАХ СЕТЕВОГО ПРОЕКТА «СИНЕРГИЯ»

Учебные центры других участников проекта «Синергия» оснащены иным оборудованием, иными рабочими станциями FESTO. В частности, в «МЭИ – FESTO» имеется учебный макет лифта и мехатронный робот на

основе платформы Стюарта, на которых студенты ОмГТУ и других ВУЗов-партнеров проводят лабораторные занятия.

В качестве примера можно привести также выполнение лабораторных работ студентами МЭИ, БГТУ и КарГТУ на роботизированной рабочей станции, расположенной в учебном центре «ОмГТУ – FESTO».

Такое объединение позволило обеспечить научно-методическое взаимодействие педагогических коллективов и образовать на этой основе интегрированный учебный комплекс, представляющий собой, по сути, распределенную учебную лабораторию.

Проведение лабораторных работ на удаленном оборудовании имеет много положительных свойств. Это, во-первых, расширение спектра лабораторных установок для Вузов – партнеров без необходимости приобретения каждым Вузом дорогостоящего оборудования, во-вторых, повышение интереса студентов и приобретение ими опыта работы на удаленном оборудовании.

Сотрудничество ВУЗов при реализации лабораторного практикума важная часть синергетического эффекта проекта, но не единственная.

На протяжении многих лет проводятся взаимные лекционные курсы в дистанционном режиме: профессора МЭИ, БГТУ, КарГТУ и ОмГТУ читают лекции одновременно студентам, находящимся в аудиториях «МЭИ – FESTO», «КарГТУ – FESTO», «БГТУ – FESTO» и «ОмГТУ – FESTO».

Есть опыт открытых защит курсовых и дипломных проектов, когда защита студенческих работ происходит в «присутствии» преподавателей и студентов ВУЗов, находящихся в других городах и в других странах.

Лабораторная база УЦ «ОмГТУ – FESTO» широко используется не только при обучении студентов дневной и заочной форм обучения, но и для повышения квалификации специалистов в области автоматизации, а также переподготовки инженерных кадров Западно-Сибирского региона и Урала.

С 2010 года в рамках проекта «Синергия» ОмГТУ регулярно проводит Международную научно-практическую интернет-конференцию молодых ученых «Автоматизация, мехатроника, информационные технологии» с пунктами доступа в учебных центрах ВУЗов - партнеров. Базовым пунктом доступа выступает учебный центр «ОмГТУ – FESTO».

ВУЗы - партнеры проекта «Синергия» на регулярной основе обмениваются магистрантами, посылая их друг к другу на стажировки. Используя потенциал концерна FESTO, для студентов-магистрантов регулярно организуются международные практики в Венском

техническом университете. Это в определенной степени решает проблему академической мобильности студентов.

Создание международного инновационно-образовательного проекта «Синергия» позволило решить следующие основные задачи, а именно:

- расширение лабораторной базы ВУЗов – участников проекта и создание по сути распределенной учебной лаборатории;
- более полное использование кадрового потенциала участников проекта для обеспечения образовательного процесса;
- совместная работа ВУЗов по созданию методического обеспечения на общей образовательной платформе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно отметить, что уникальные возможности сетевых технологий обучения на основе объединения лучших преподавателей, современного лабораторного оборудования и программного обеспечения ВУЗов-партнеров, дают несомненный синергетический эффект в образовательном процессе и позволяют обеспечить качество обучения на уровне, соответствующем мировым стандартам.



Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

PAC – A MULTI-VENDOR ENVIRONMENT BASED ON IEC 61850

Erkki Antila* and Reino Virrankoski**

*) Department of Electrical Engineering and Energy Technology

**) Department of Computer Science

University of Vaasa

P.O.Box 700

FI-65101 Vaasa, Finland

{erkki.antila, reino.virrankoski}@uva.fi

Abstract

The University of Vaasa has created a new teaching, learning and research environment for Protection Automation and Communication – PAC. During the 1990s, communication standards made it clear for the content producers that the most of the equipment they created for control will be based on digitalization. It also induced the start of the new standardization work under the umbrella of the International Electrical Committee (IEC) in 1995. Several companies globally from different countries involved to the definition stage of the IEC 61850 standard for Communication Networks and Systems in Substations. The main parts of the standard were ready for the first implementations in 2004. However, one general weakness of the standard was formed because of the structural differences between suppliers in the standard implementation phases undermines compatibility. Therefore, the compatibility with different suppliers of equipment connected to the system must be tested in order to verify plug-and-play functionality. This challenge provides an opportunity for the university to offer research and training services to electric utilities and to equipment producers as well as to system suppliers in PAC lab, which is multi-vendors testing environment for communication.

INTRODUCTION

This paper describes the establishment of research and training laboratory for communication. The laboratory guideline is to explore, develop and train telecommunication solutions in the energy sector based on IEC-standards. IEC TC 57 was established in 1964 because of the urgent need to produce international standards in the field of communications between the equipment and systems for the electric power process, including telecontrol, teleprotection and all other telecommunications to control the electric power system (Fig. 1). TC 57 standards have also developed to cover a critical subset of standards requirement to realize the Smart Grid [1].

The scope of TC57 is to prepare international standards for power systems control equipment and systems including EMS (Energy Management Systems), SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), distribution automation, teleprotection as well as information exchange for real-time and non-real-time information, used in the planning, operation and maintenance of power systems. Power systems management comprises control within control centers, substations and individual pieces of primary equipment including telecontrol and interfaces to equipment, systems and databases, which may be outside the scope of TC 57 [1].

Products and systems are now on the way towards digitization. This creates new opportunities for easy smart functions to existing Intelligent Electronic Device - IED. Similarly, the mixed technology supports the intelligent application solutions by layering structure, which is shown in Figure 1.

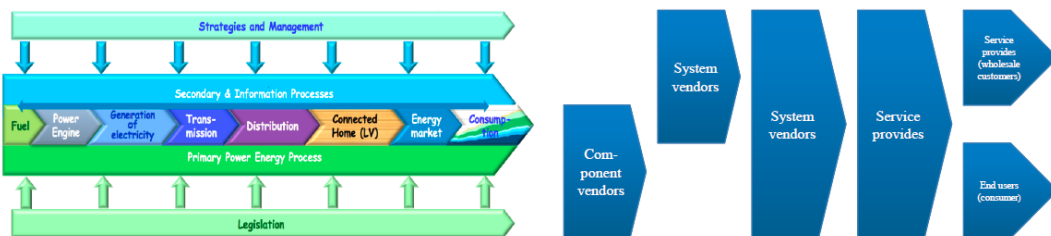


Figure 1. Left: management of energy chain, right: simplified optical networking value chain in the system.

Combination of hardware and applications into a unified system is defined as an international communication protocol. IEC 61850 standard [2] actively reinforces the effective application together with the state of the art technology for the management of electricity network.

IEC 61850 fits into an overall structure of the IEC related to smart grid activities. IEC 61850 is structured after the Common Information Model (CIM) under the IEC. CIM is the general information model of utility-specific data and underlies the information structures of most IEC utility standards. IEC 61850 standard development steps are shown in the Figure 2.

Testing and certification for conformance of IEC 61850 devices is challenging because IEC 61850 is not just one protocol – it is a suite of protocols that work together to form a very comprehensive system. The standard utilizes layering,

structured data, one-to-one and one-to-many messaging, data discovery, and LAN-based time synchronization, which all create a challenging environment for testing groups. Interoperability testing is even more challenging and is currently done on a custom basis for each implementation design [6].

Information in the standard is layered both vertically and horizontally. Vertical layering follows the Open Systems Interconnect (OSI) model for communication functions. Horizontal layering is used for the logical nodes that scatter the functions found in a substation in different physical devices.

Layering in this manner means that testing IEC functionality must rely on automated testing tools for conformance because humans cannot interpret the information. This puts a lot of pressure on the system test designer to develop accurate conformance tests. IEC 61850 is therefore quite challenging.

In the standard, there are many required objects. However, in order to assure the standard may grow and change with industry changes, designers allow implementation of other objects in a standard way called “namespaces.” Namespaces allow IED vendors to create new functions. These data objects must adhere to the naming conventions defined in the standard, and developers must visibly mark these extensions to the standard. Also, there must be a new data object discovery mechanism in the device; it is clear the new functions are either an object or attribute and that these new functions can be evaluated to assure they behave as the vendor claims. This flexibility of the standard also creates significant challenges for testing to not only assure the standard objects function properly, but to also discover and test the new data objects in the device [5].

One problem today is that many vendors of substation systems have tried to adapt proprietary methodologies into their native tools for configuring IEC 61850 communications within a substation. This leads to incompatibilities between devices and configuration tools from different vendors. It also increases the potential for incorporating human error into the process as engineers have to use multiple tools to configure a substation automation system.

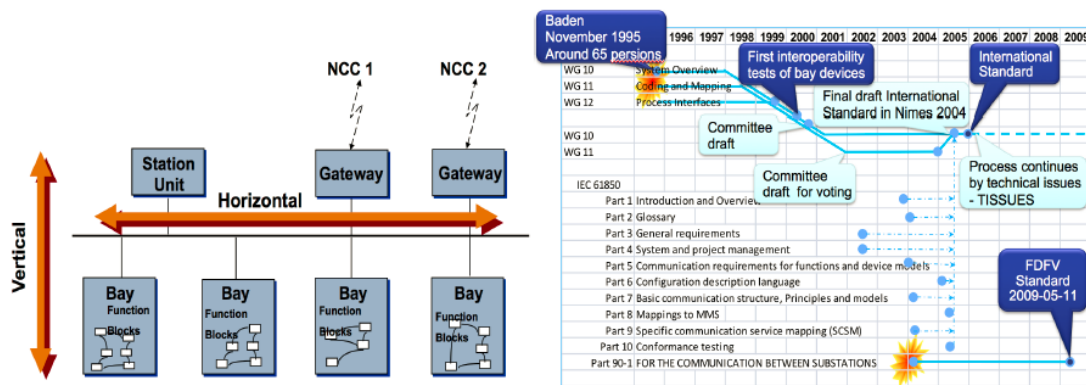


Figure 2. Left: IEC61850 Principles for substation communications, right: a snapshot of baselines of IEC61850 developments.

Substation automation research and development has invested heavily over

the past decade, but often arrived to be a supplier of proprietary solutions. Problems associated with the above-mentioned situation were found several years ago and IEC Technical Committee 57 started to define the new bus-based data communication standard for information of the substation automation. During the years 1995-2004 a whole new generation of telecommunications architecture with the specifications was defined and standardized for the local substation environment (Fig. 2).

The most important new features compared to the previous protocols are object-oriented structure, and the definitions also contain application-specific information. This standard is still being developed continuously. In addition, its area of use is expanded to new sectors.

RESEARCH PLAN

By starting from these facts, the University of Vaasa founded a telecommunications research platform in cooperation with other higher education institutions. The naming of project was eventful in the design phase. The first proposed project name was “Integrated Communication Solutions” – ICOS. Later, the proposed name was “LAN Communication” – LACOM. Eventually, the project got implemented with the name "Development of the Education Services of the IEC 61850 in Multi-Vendor Environment" - DEMVE. The outcome of this project was a new research and education platform for telecommunication in electricity distribution automation. This platform is located to Technobothnia Education and Research Center, which is jointly run by the University of Vaasa and two local universities of applied sciences. Currently, this platform provides services for the Protection of Automation and Communication needs, so it is called as PAC laboratory. Building up the first phase of the laboratory took place from August 2011 to July 2013.

Principles of design

IEC 61850 standard allows packet-switched and distributed control architecture. It will improve the speed, reliability and safety to a new level compared to conventional systems. The distributed architecture transition is a major technological leap in automation systems. Relying on new standard equipment and systems require knowledge accumulation. Therefore, the first target for the research platform was the training and problem-solving needs. In addition, the integration of decentralized power generation to new network architectures, such as the Smart Grid and Micro Grid (Fig. 3) enhance communication challenges, because new types of devices are needed. For instance, in order to connect decentralized power generation to the distribution network, inverters are required.

The main target of the project was to design and launch educational service around the IEC 61850 standard. The significant part of the project was the implementation of a multi-vendor environment according to the standard, which forms the best possible training environment. Therefore, the aim of a sub-project was to develop the local electricity distribution network for data transmission environment, where a new generation of automation package can be verified on a

large scale. Developed system utilizes the latest in information technology, and it is also responsible for the point of view of electricity companies in business and operational processes to emerging challenges.

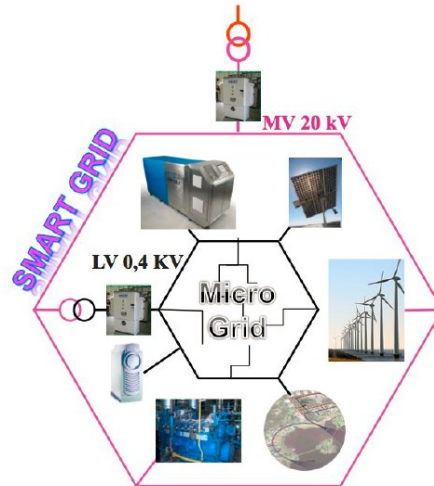


Figure 3. Smart Grid and Micro Grid systems [3].

Description of the system

The strong involvement of decentralized power generation affects the electricity distribution network structures quickly. The new electricity networks will be looped, and at the same time the management of grids complicated. Networks will be intelligent, local, energy self-sufficient and self-contained units (Smart Grid & Micro Grid), which can be used as an extension of the main network or isolated operation. Frequency converter is the most suitable technical solution to interface the local electrical network cells and the public distribution network. For this reason, frequency converters will be part of the grid management. Therefore, the frequency converter should be taken into account in multi-vendor environment. The technology has amongst other become more common way to connect wind power to the network.

Research platform implementation

The implementation of the multi-vendor environment is the most important prerequisite for the implementation of the whole. A test system comprises, amongst other things, of the hardware by ABB, VAMP, Schneider-Electric, Siemens and Omicron. The system will be complement by the hardware of other suppliers later on. The PAC laboratory environment is built by using a modular structure in the implementation in such a way that each vendor's equipment is located into its own movable rack (see Fig. 4).

Portability allows a combination of various types of data network solutions, a number of media options, and data transmission distances for study and training. In addition, data communication can be explored both in fiber and in wireless environment. Transferability of the racks creates an agile adaptability of research and

education on the laboratory environment in the context of telecommunications as well as in the context of the protection of electrical engineering.

The project subtasks have been defined by keeping the compatibility as a key factor. In addition, there have been classified and instructed interface requirements for the level of automation requirements.

EDUCATION CHALLENGES

Four training courses were planned as a part of the PAC laboratory building activities. These courses were given from the key topics of IEC 61850 so that they can provide the basics for somebody who starts to apply the standard. The topics of the four courses were 1) The Basics of IEC 61850, 2) Communication Solutions and Security Issues of IEC 61850, 3) Communication between IED Devices under IEC 61850 and 4) Substation Automation and Operation Control System under IEC 61850.

Each course was designed so that it was possible to provide it either as a 1-2 days intensive course, which had a full day of lectures and exercises on both days or as a semester or period long lecture course having lectures and exercises 1-2 times per week. The former timetable is suitable for the companies who are willing to take the course as an intensive training for their professionals. The latter timetable is better for universities or other higher education institutions, which are willing to provide the course as a part of the curriculum for their students. The exercises of each course were connected to the electricity distribution automation architecture of the PAC laboratory so that the laboratory infrastructure was fully utilized during the courses.

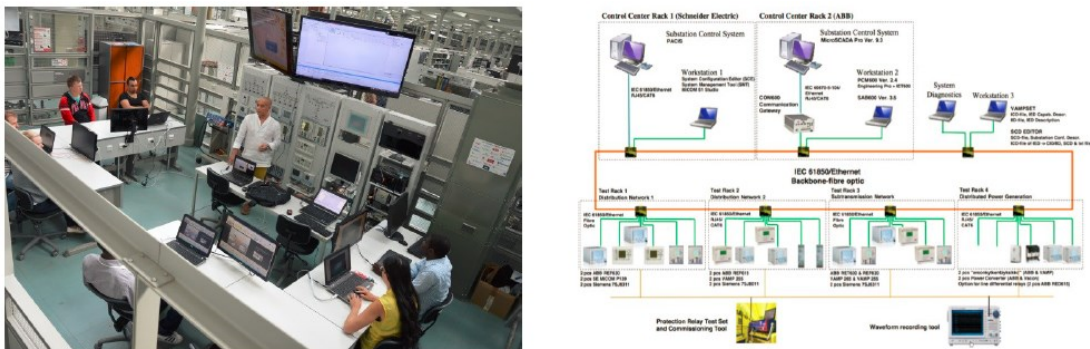


Figure 4. Training event in the PAC Laboratory on the left and multi-vendor environment principle on the right.

Each of the four courses was given at once as a short-term intensive course during the project. The audience of these pilot courses consisted of the professionals of the companies participating to the project consortium and the staff of the research organizations. A feedback was systematically collected from each of the courses so that it was possible to utilize it in the evaluation of the course content. In the future, these courses can be offered to the companies who are interested to buy such training, and they will be included to the curriculum of the participated research organizations including the University of Vaasa.

RESEARCH PLATFORM

This PAC Lab has been already an important research platform for several studies. The research environment is particularly effective when it is desired to implement the function, which has a number of boundary conditions, and information gathered from the IED devices of many different suppliers.

In the laboratory has been tested, among other things; a new application for islanding detection technique. It sustains an efficient electrical energy systems operation and reduce hazard for the personnel of Electrical Utilities. Such dynamic and adaptable system handles numerous parameters and variables. This approach relies on the electrical grid communication system network upon the IEC 61850-7-420 standard. Where, the electrical grid distributed main management service (MMS) takes the response to monitor all the electrical connection points (ECP) and the distributed energy resources DERs status [7].

Rapidly developing technology, together with the slow standardization, leaves open questions for suppliers themselves to solve. In the long term, various solutions of suppliers bring challenges for system maintenance. These multi-vendor problems can be studied and solved in the open scientific environments. In addition, a wide and varied system makes it possible to identify the fault location problems and develop new-sophisticated algorithms.

In the future, one of the research tasks is to explain the differences between different suppliers of the protocol production. The challenge is that whether it is possible to implement the common and shared tool to configure run-time software. The interoperable services between vendors are also useful in other levels of the configuration. Those are more than merely an effective way for ensuring the certainty of operations. Ways of different manufacturers to make tailor-made implementation solutions are also complicated by competitive bidding system expansion stages. It prevents an open competition because of the recoverability disappear of the prior intermediate stages from other vendors. If the implementation is possible, then a simple conversion tool must be explained and defined for the most essential interfaces [7]. Such an analysis feature would create great technical competitiveness for suppliers of substation automation systems. For this purpose, the study could help to develop a common middleware tool, which serves all parties, and in particular facilitate the maintenance know-how of user. In general, this research is a part of emergent efforts to integrate the energy systems.

CONCLUSIONS

This paper highlights many important issues for students, scholars, and company managers who seek to understand the reasons why a strong, skilfully grown know-how to avoid stumbling blocks faced with certain kinds of technological change. PAC lab enables extensive competence to manage protection, automation and communications equipment and systems. Research and education environment is built and commissioning has been completed. The major conclusion is that the

challenges of the advanced technology can be studied and solved in the laboratory.

Project-related educational subtasks have been completed. One doctoral thesis on the topic has been made during the research work [9]. The PAC infra will serve both education and research purposes in the future.

Implementation of the project was smooth, because the project had a very wide commitment from financiers, business and industry. The positive sentiment has been a natural, because the local industry includes three security-related businesses. In addition, Vaasa region is known as the Finnish energy cluster where locates a great number of energy technology companies and experts.

The Technology Centre Oy Merinova Ab carried out University of Vaasa project in collaboration with the universities of applied sciences NOVA and VAMK and project managed. The project was distinctively different from the traditional research approach. The project received widespread funding with more than 20 partners. In addition, the attractiveness of targets drew a number of professionals to support the project in their own expertise.

Distributed power generation is a challenge for information technology. The project acquired knowledge and skills, which will contribute to the energy cluster and international business. In the future, the University of Vaasa is building a new research laboratory focused energy activities, which will give more powerful and wide possibilities to researchers. Current laboratories, which are located in Technobothnia, will focus on education once the new research laboratory is up and running.

Motto: "Nothing ventured, nothing gained"

REFERENCES

- [1] IEC Strategic Business Plan (SBP) - SMB/5540/R, "Power system management and associated information exchange", Germany, 25.09.2014.
- [2] IEC 61850 Communication networks and systems in substations, ALL PARTS, Switzerland, 2015.
- [3] Erkki Antila, Göran Wiklund, "Redefining sustainability in the electric power distribution context," Cigre, F-75008 Paris, GUILIN 2009.
- [4] Robert A. Burgelman, Clayton M. Christensen, Steven C. Wheelwright, "Strategic Management of Technology and Innovation", 4th ed. by McGraw - Hill/Irwin New York, NY 2004. pp. 182
- [5] Adam Gauci, "IEC 61850 Engineering Process and Multi-Vendor System Configuration Tool Reduce Engineering Cost of Substation Automation Projects" as White paper 998-1197420_GMA-GB, Schneider Electric Industries SAS, France, 04-2013.
- [6] Mark Osborn, "IEC 61850 Interoperability Challenges", QualityLogic forum for discussions, QualityLogic Inc. Headquarters CA USA, 2013.
- [7] Mike Mekkanen and Erkki Antila, "Islanding Detection Algorithm Using IEC 61850-7-420", proc. in Protection Automation & Control PACWorld Conference, Galsgow UK, 29 June - 2 July 2015.
- [8] Mike Mekkanen and Erkki Antila, "Data Modeling in IEC 61850-7-420 for Smart Control Islanding Detection", to appear in proceeding IEEE Transactions on power systems.
- [9] Mike Mekkanen, "On Reliability and Performance Analysis of IEC61850 for Digital SAS", Doctoral Thesis, University of Vaasa, Faculty of Technology, 2015.

Разработка сети роботариумов и мобильных роботов «Амур» для инновационного обучения интеллектуальной роботронике

В.Е. Пряничников, А.Я. Ксензенко, С.В. Кувшинов, Ю.С. Марзанов, Ю.В. Подураев, Е.А. Прысев, Р.В. Хелемендик, А.А. Арыскин, О.О. Беляев, П.А. Брызгалов, Д.В. Давыдов, Д.А. Кузовкин, П.Ф. Плетенев, С.Р. Эпиков

В работе приведены результаты разработки основных программно-аппаратных элементов сети ассоциированных лабораторий и роботариумов в рамках проекта «Интеллектуальная роботроника», инициированного Центральным-Европейским отделением Международной инженерной академии совместно с ИПМ им. Келдыша Российской академии наук, МИНОТ РГГУ, университетами России, Хорватии и Австрии. Проект даёт участникам доступ ко всему спектру разработанных мехатронных устройств и мобильных роботов, учебным классам, а также к средствам 3D-прототипирования, размещенным в организациях-партнерах, к их методическим разработкам и лекционным курсам на базе проводимых совместных НИР с широким участием аспирантов и студентов. Это направление представляется наиболее перспективным для обучения таким специальностям как информатика, робототехника, сенсорика. Актуальность такого проектно-целевого подхода подтверждается опытом международного сотрудничества с целью создания интеллектуальных мехатронных устройств, объединенных интеграционным программным обеспечением («middleware») и средствами представления знаний.

Ключевые слова: мобильные автономные технологические роботы АМУР, новые образовательные технологии, управление группой роботов с задержками в интернет-каналах, сенсорика, пента-логика.

This paper presents the results of the development of basic software and hardware elements of the network associated laboratories and robotariums as a project "Intelligent robotronics", initiated by the Central European branch of the International Academy of Engineering in conjunction with KIAM Russian Academy of Sciences, IINET RSUH, the universities of Russia, Croatia and Austria. The project gives the participants access to the full range of mechatronic devices and mobile robots, classrooms and facilities 3D-prototyping placed in partner organizations, their methodological development and lecture courses on the basis of the joint research conducted with broad participation of graduate and undergraduate students. This trend seems to be most promising for learning various popular specialty - computer science, robotics, sensorics and other technologies. The relevance of this project-oriented approach can be seen in long-term programs of the Russian Federation. Therefore, it was selected this area of cooperation in order to create intelligent mechatronic devices, integrating software («middleware») and the means of knowledge representation.

Keywords: mobile autonomous technological robots AMUR, new educational technologies, group robots' control with delays in internet channels, sensor and control systems, penta-logics

Введение. В настоящей статье рассмотрены основные ключевые направления разработки перспективных интеллектуальных робототехнических систем и найденные решения возникающих при этом проблем. Во-первых, необходимо было унифицировать использование различных мехатронных устройств через создание соответствующего интеграционного программного обеспечения. Это позволило существенно сократить путь от неизбежного и дорогостоящего строительства низкоуровневых сенсорных и управляющих систем к проблемам верхнего уровня интеллектуализации, решение которых представляет наибольший интерес. Во-вторых, недостаточно разработаны проблемы реализации дедуктивных механизмов для передачи робототехническим устройствам интеллектуального потенциала знаний экспертов. В-третьих, трудно найти специалистов, способных решать перечисленные проблемы - так называемых «инженеров по знаниям».

Для этого необходимо создать альтернативную технологию обучения, разработать учебные программы для изучения сенсорики, мехатроники и информатики.

Одно из предлагаемых в статье решений этих проблем - создание специализированных программных и аппаратных средств: научно-учебных, пространственно распределенных робототехнических лабораторий, предоставляющих полный доступ к мехатронным устройствам различных моделей и производителей, удаленно через VPN-туннели. Это позволило разработать эффективную образовательную технологию и подключить сторонние инженерные и научные кадры для продвижения новых разработок, с использованием межвузовской сети, созданной Международным институтом новых образовательных технологий РГГУ совместно с Институтом прикладной математики Российской академии наук (ИПМ), и Международной лабораторией «Сенсорика». В этой сети научно-исследовательские и образовательные задачи соединяются в учебном процессе для аспирантов и студентов из нескольких университетов (рис.1). В рамках предложенного подхода были разработаны и изготовлены 10 мобильных роботов АМУР для интеграции в лабораторно-исследовательский центр, в который были также добавлены три мобильных робота Robotino (в том числе с манипулятором-хоботом от фирмы Festo) и промышленный манипулятор. Получили решения проблемы синхронизации, учета времени задержки, и разграничения прав доступа, которые недостаточно проработаны в системах типа ROS, а также построение mesh сетей с подвижными ретрансляторами. Реализация такой системы позволила решить не только научные проблемы, но и учебные, поставив содержательные задачи для лабораторного практикума.



Рис. 1. Класс мобильных роботов АМУР в МГТУ «Станкин» (Москва)



Рис. 2. Запись из шлейфа в системе машинного зрения в режиме реального времени – 6 потоков видео-данных, получаемых через адаптивную сеть с мобильными узлами на расстояниях до 1 км

Создание программно-аппаратных средств и обучающих технологий

Изначально решаемые нами проблемы возникли из необходимости удаленного перепрограммирования / теле-перепрограммирования сенсорных и управляющих систем (СиУС), разработанных и установленных на мобильных роботах Brokk-110D и Brokk-330. Эти роботы были перестроены для выполнения операций в опасных зонах с ограниченным доступом человека. Заказчикам была необходима возможность изменять СиУС в ходе исполнения миссий без остановки роботов, встраивать новые мехатронные устройства и датчики сторонних производителей. Поэтому были разработаны соответствующие средства дистанционного доступа и многокамерные зрительные системы (рис.2). Результаты нашли применение в биомедицинских и учебно-научных роботизированных комплексах. Были проанализированы работы в области телереабилитации, а также наиболее популярное программное обеспечение для образовательных целей в области робототехники, что побудило нас предложить технологию разделения процессов в СиУС и разработать собственный интеграционный софт тип ПО «middleware», позволяющий объединять сотни мехатронных устройств с возможностью удаленного доступа к ним, при этом обеспечивая динамическое

изменение конфигурации компонентов системы без остановки роботов, автоматическое переключение при отказах, включая автоконфигурацию. Программное обеспечение поддерживает платформы x86 \ Windows \ Linux \ Android OS с минимальным размером для бортовых устройств, простыми возможностями для встраивания новых драйверов, что позволяет пополнять список датчиков и приводов даже в полевых условиях. Результаты сравнительных испытаний языков программирования позволили использовать интерпретатор Python в системах реального времени и Тьюринг-полные протоколы для управления роботом вместо специализированных протоколов или графических интерфейсов по типу GUI MS Robotic Studio и др. Все потоки данных были организованы в специальные структуры данных «шлейфы». Разложение задач управления на отдельные процессы (разделение алгоритмов) явилось ключом к успеху для коллективного (параллельного) программирования и быстрого прототипирования, что оказалось приблизительно в 10 раз быстрее, чем создавать программное обеспечение по традиционным технологиям.

Обучение такому подходу студентов, помогает им избежать одной из проблем современного образования, связанной с использованием легкодоступных данных из Интернета без какого-либо понимания и попыток составить свое представление о предмете. Такой «магнитофонный» способ обучения студентов и школьников становится доминирующим и полностью подавляет их рост как креативных лиц, способных самостоятельно исследовать мир и создавать что-то новое. Это приводит к своего рода гуманитарной катастрофе, значительно затрудняющей модернизацию образования. Предложенное нами решение состоит в том, чтобы создать студентам условия для мотивированного участия в НИР в качестве «инженеров по знаниям», научить их способности формализовать задачи и строить простые алгоритмы. Студенческая разработка алгоритмов работы СиУС для мобильных роботов (МР) наиболее эффективный способ обучения в области ИТ и робототехники. Таким образом, мы пришли к проектированию надлежущей группы университетских роботов, создали интеграционное ПО.

Основные параметры реализованных МР АМУР-5, АМУР-6, АМУР-7, АМУР-105 и 107

Вес	17-23 кг
Размеры	L580xB510xH340 мм
Скорость	10...750 мм/с
Время автономной работы	1-2 ч

Мобильные роботы АМУР состоят из корпуса, гусениц или двух колес (дифференциальный привод) или шагающего механизма, ТВ-камер (от 1 до 6), видеосерверов, ультразвуковых локаторов (измеряемые дальности 50...3000 мм), одометров, бортового контролера, аккумуляторов и зарядных устройств, четырех аналоговых и 16 on/off каналов, силовых ключей с ШИМ (PWM) и ПИД-регуляторами 2-10А, 12...32V, Микро-PC (форм-фактор PC104), ноутбука/нетбука на борту и удаленного ПК, связанного через Wi-Fi на максимальной дистанции до 50 м или до 1 км с дополнительными антеннами, а также ТВ-модуля стороннего наблюдения через Wi-Fi-«спутник» с PTZ (**P**an, **T**ilt, **Z**oom) и оптическим зумом >10x. Мобильные роботы АМУР работают под Linux на языках Python, C++, по распределенной технологии для программирования всех видов обработки сенсорных и видеоданных, с логическими фильтрами на удаленном компьютере и/или на борту. В режиме реального времени все данные фиксируются в шлейфах (DTF), отражающих все детали работы в течение недели/месяца функционирования мобильных роботов. Шлейфы DTF обеспечивают не просто запись данных в файлы, но также синхронизацию данных, экстраполяцию и интерполяцию, избегая проблем задержек передачи данных и образования пробелов в потоке данных за счет соответствующей быстрой логической фильтрации. При этом удалось использовать менее 10 арифметических операций на каждую запись, что гарантирует удаление и восполнение до 60% некорректных данных от удаленных датчиков и управляющих сигналов и компенсировать задержки.

Разработки базовых элементов программно-аппаратного комплекса.

Системы бесконтактного энергоснабжения автономных роботов

Одним из найденных решений, которые применялись в наших разработках была система бесконтактного энергоснабжения автономных роботов.

Назначение. Система бесконтактного энергоснабжения предназначена для обеспечения оперативного автоматического или полуавтоматического пополнения запаса электроэнергии аккумуляторов мобильных робототехнических устройств без использования непосредственного подключения электрическими контактами для вариантов наземной, подводной, сред функционирующая. Целесообразность применения этой системы в составе подводных робототехнических комплексов обуславливается возможностью проведения продолжительных по времени глубинных работ без подъема на поверхность для подзарядки или смены бортовых аккумуляторных батарей. При этом исключается ряд затратных по времени и трудоемкости действий: подъем, разгерметизация, подзарядка или смена батареи, последующая герметизация, проверка функционирования, погружение, поиск и нахождение рабочей зоны проведения работ. Исключение необходимости периодического подъема автономного робота существенно повышает эффективность подводных работ, особенно с увеличением глубины их проведения.

Принцип действия. Функционирование системы бесконтактного энергообеспечения основано на использовании принципа электродинамической индукции. Система состоит из двух взаимно связанных частей: излучающего устройства и принимающего устройства. Излучающее устройство включает в себя: преобразователь электрической энергии, как правило, постоянного тока, в мощный ток высокой частоты и преобразователь этого тока в электромагнитное поле, излучаемое в нужном направлении. Излучающее устройство устанавливается, как правило, на стационарной, или малоподвижной части робототехнического комплекса и имеет устойчивое гарантированное энергообеспечение.

Принимающее устройство состоит из приемной антенны, преобразующей принятые электромагнитные колебания в электрический ток, который далее преобразуется в нормализованный постоянный ток с параметрами, пригодными для штатного режима зарядки бортового аккумулятора автономного робототехнического устройства. Принимающее устройство устанавливается на полностью автономном роботе, бесконтактное энергоснабжение которого необходимо обеспечить.

Основной проблемой разработки таких устройств является обеспечение безопасности при колебаниях пиковых напряжениях в десятки киловольт в зависимости от изменений зазора между антеннами. При этом существенно сохранение высокого к.п.д. и эффективная стабилизация выходных параметров питания.

Технические характеристики системы бесконтактного энергообеспечения подводных (1) и наземных автономных роботов (2)

Удаленность эффективной передачи энергии	0 – 20 мм	10 – 30 мм
Получаемая мощность	20 Вт	300 Вт
К.п.д. системы	25 – 45%	20 – 35%
Напряжение питания передающего устройства	+48 В	~220 В
Вес приемного устройства	450 г	1800 г

Научно-учебный комплекс АМУР - ДВФУ

В этом разделе приведен состав и основные характеристики комплекса автономных мобильных роботов в ДВФУ. Это позволяет более полно оценить преимущества нашего подхода (типовая комплектация), использование пультов управления и перепрограммирования, возможности экспериментов по построению адаптивного управления по данным одометрических и ультразвуковых датчиков. Комплекс АМУР обладает следующими ключевыми компонентами:

- Бортовой персональный компьютер (ПК) мобильного робота (МР), подключённый в локальную вычислительную сеть.
- Система управления (СУ) движением с усилителем сигналов управления и выходами on-off.
- Система измерения расстояний на основе ультразвуковых датчиков и микроконтроллера.
- Видеокамера для визуального контроля за движением робота и видеосервер, включённый в локальную вычислительную сеть.

Бортовой ПК МР представляет собой стандартный NetBook (например — ASUS Eee PC 1011CX в случае АМУР-105). Netbook предназначен для размещения программного обеспечения (ПО), с помощью которого осуществляется формирование команд управления электронными и мехатронными системами робота и опрос показаний датчиков, установленных на роботе.

Система управления (СУ) МР построена на базе микроконтроллера «Робокон» версии С2в [1], который подключён к NetBook по каналу RS232 через преобразователь USB-COM. Микроконтроллер «Робокон» (применяются и другие микропроцессоры) выполняет формирование сигналов управления электроприводами МР через управление параметрами ШИМ (широтно-импульсная модуляция). К микроконтроллеру подключены одометрические датчики. Двухканальный электронный ключ «Усилитель А3» формирует напряжение питания электродвигателей в режиме ШИМ, параметры которой задаёт СУ. Синхронизация работы маршевых двигателей осуществляется через обратную связь в системе управления посредством анализа показаний оптических одометрических датчиков, установленных на осях колёсной пары. Управляющих релейный модуль «4 Relay Module» состоит из 4-х реле типа SRD-05VDC-SL-C (контактная группа on-off, 10А, 30VDC), управление состоянием которых осуществляется от микроконтроллера.



Рис.3. Лаборатории, в которых размещенные автономные мобильные роботы Амур-205, Амур-107/105, Роботино

Ультразвуковые датчики типа *SRF05* в количестве 2-х штук установлены на крышке МР. Их показания анализируются микроконтроллером “*Arduino UNO*”, который, в свою очередь, подключён к NetBook через USB. Наличие большого количества свободных входов-выходов (более 8 on-off) на микроконтроллере позволяет, при желании, расширить состав сенсоров и элементов управления. Нагрузочная способность микроконтроллера определяется стандартом USB (не более 500мА), который обеспечивает NetBook.

Телекамера *МБК-1632цВ* – это аналоговая цветная телекамера. Её стандартный аналоговый видеосигнал преобразуется в сигнал стандарта Ethernet с помощью видеосервера модели *Axis M7001*. Он представляет собой одноканальный видеосервер, выполняющий преобразование стандартного аналогового видеосигнала в цифровую форму, сжатие получаемого изображения по выбранному алгоритму со скоростью кадровой развёртки (50Гц) и формирование выходного видеопотока в стандарте Ethernet.

В качестве операционной системы на бортовом ПК МР используется Xubuntu Linux. С помощью средств управления процессами *supervisord* осуществляется запуск управляющего ПО. Управляющее ПО состоит из двух компонент: 1 – драйвера, предоставляющего интерфейс для программного взаимодействия с контроллером через ЛВС и 2 – специализированного ПО, осуществляющего сервисные функции. Всё программное обеспечение создано на интерпретируемом языке Python и поставляется в исходных текстах, что позволяет оперативно вносить необходимые исправления.

Разработки элементов роботизированных складских систем

Несмотря на то, что задача построения автоматизированных систем управления процессами складирования ставилась достаточно давно, остаётся большая потребность создания простых систем автоматизации 3х этапов: получение продукции, её размещение и отгрузка по требованию на паллетах с применением типовых автопогрузчиков. Автоматизация каждого из этих этапов сделает возможным максимальное повышение скорости выполнения операций и плотности складирования, что обеспечит высокую пропускную способность склада.

Для максимально плотного складирования продукции используется трехмерная структура ячеек хранения, которая описывается тройкой цифр: № ряда, № стойки в ряду, № этажа в стойке. Этап выгрузки изделия из доставляющего транспорта, как, правило, обеспечивается использованием электрокара, который при участии человека производит извлечение изделия из кузова трейлера или с упаковочного роликового линейного конвейера, первичное полуавтоматическое распознавание груза, размещение его в технологический контейнер, перемещение и установку его в ячейку. Вариантов организации склада может быть несколько, но, как правило, присутствуют следующие основные элементы:

1. Электрокар с управляющим оператором, которого и необходимо заменить на робототехническое устройство;
2. Контейнеры, имеющие отличительный код, позволяющий надежно его идентифицировать.
3. Конвейерные, перемещающие и подъемные устройства, функционирующие в автоматическом режиме под управлением ЭВМ, а также навигационные устройства, обеспечивающие перемещение контейнера с грузом по указанному управляющей ЭВМ адресу.
4. Датчики, обеспечивающие надежные идентификацию, позиционирование контейнера и обеспечивающие точное причаливание элементов стыковки подвижных исполнительных механизмов подъемников и обслуживающей ячейки склада.

Идентификация контейнера и ячейки хранения обычно выполнена с помощью оптических считывателей штрих-кода Баркера, скользящих магнитных кодоносителей и кодосчитывателей, а также бесконтактных радиоэлектронных кодоносителей и считывателей. Последний тип кодоносителей наиболее предпочтителен по соображениям

надежности считывания, что позволяет существенно снизить вероятность пересортицы изделий.

В рамках нашего подхода, ведется разработка навигационного устройства на основе анализа телевизионных изображений (пути перемещения контейнера с грузом) для идентификации на них цветowych изображений маркерных маячков, установленных вдоль траектории движения.

Это более перспективный подход по сравнению с установкой электромагнитных датчиков, функционирующих совместно с проводником, вмонтированным вдоль траектории движения кар и подъемников, т. к. не требует перестройки помещений. Он более просто совмещается с датчиками, обеспечивающими точное причаливание и выполненными на основе использования штрих-кода. Применяются и механические сенсоры на основе замыкания контактов или бесконтактные на основе индуктивных связей, являющиеся наиболее предпочтительными, но всё же проигрывающими оптическим методам.

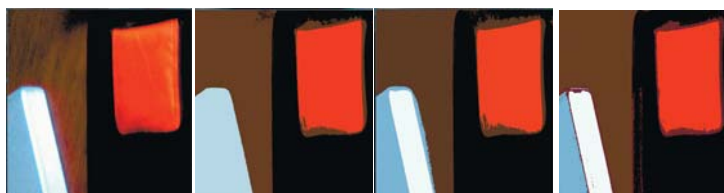


Рис.4. Базовое изображение кнопки (слева), подавление бликов и неудачная сегментация другими известными методами.

За основу технологий сегментации и выделения однородных цветowych объектов (маркеров, кнопок) были взяты методы обработки из библиотек *sklearn* и *OpenCV*. Проведенный анализ эффективности и скорости работы этих алгоритмов для идентификации маркеров выявил существенные ограничения, связанные с их использованием, и в результате был предложен метод их модификации, обеспечивший подавление сильных бликов (рис.4, изображение второе слева).

Существует множество задач, в которых роботу необходимо взаимодействовать с объектами, предназначенными, прежде всего, для человека. Например, это открытие обычной двери или управление электрокаром, квадроциклом. Обычный манипулятор не годится для решения такой сложной задачи, так как управление ручками руля квадроцикла (рис.5), приспособленного исключительно для человека. Для замены человека в контуре управления нужен особый тип манипулятора. Таким образом, потребовалась разработка антропоморфного манипулятора для сервисных роботов, способных заменить оператора для решения различных задач типа нажатия кнопок, поворот тумлеров, взятие инструмента и т.п.

Заключение

Разработанное технологическое оборудование и программное обеспечение может использоваться для решения широкого круга задач управления мехатронных устройств. Причем если для одиночных роботов возможны и другие решения, то для больших распределенных мобильных робототехнических комплексов предложенный подход практически безальтернативен. Показано применение технологии IGEC для оценки противоречивых способов доказательств и методов построения контрпримеров. Полученные результаты могут быть использованы для представления знаний и развития новых эвристических методов интеллектуализации роботов с расширенными возможностями и для построения новых креативных образовательных технологий.

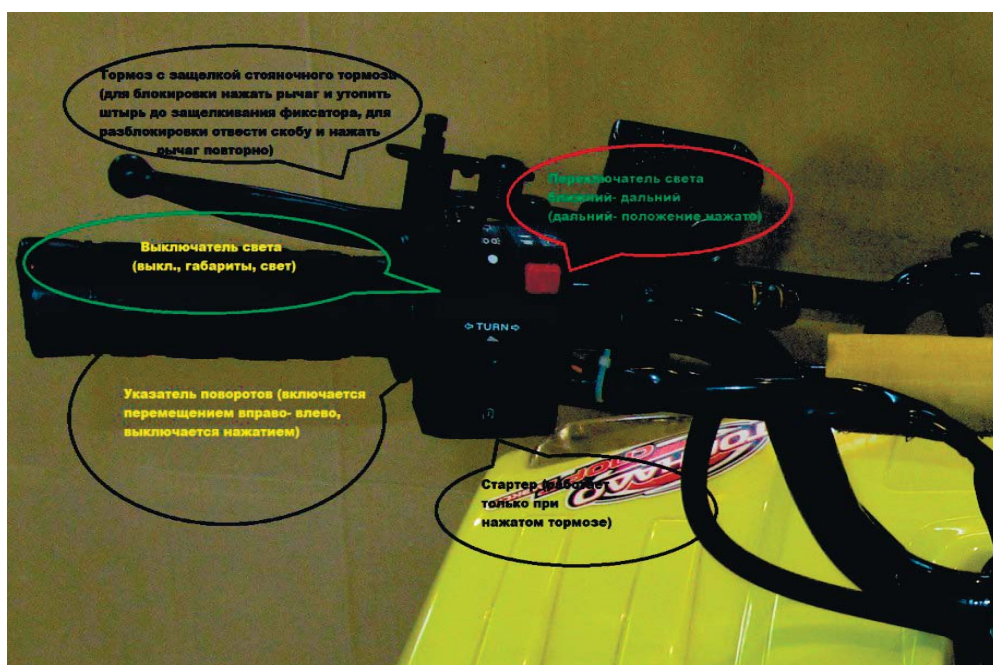


Рис.5. Объект управления с помощью специализированного манипулятора

Литература

1. Пряничников В.Е., Биелич Т., Вицан Д., Каталинич Б., Кирсанов К.Б., Кувшинов С.В., Марзанов Ю.С., Подураев Ю.В., Хелемендик Р.В., Прысев Е.А., Углешик А., Харин К.В. Разработка образовательных технологий и сети ассоциированных лабораторий-роботариумов . Информационно-измерительные и управляющие системы, М.: Радиотехника. 2015, т.13, N7 – ISSN 2070-0814, С.7-25.
2. Pryanichnikov V.E., Andreev V.P. Intellectulization of special mobile robots, including return algorithm to a zone of stable RC // Proceedings of the XXI Int. Conference on Extreme Robotics. St. Peterburg: Poliectnika-service. 2010. P. 46–49.
3. Pryanichnikov V., Andreev V., Kirsanov K., et al. Technologies of modernization and sensing of special mobile robots // Annals of Southern Federal University (Techn. sc.): Taganrog. 2011. № 3. P. 166–171.
4. Pryanichnikov V.E., Andreev V.P., Prysev E.A. Group control of mobile robots, based on the net-technologies // Proceedings of the Int. conference on Robotics for Security & Space (Planet & Earth rovers). St. Peterburg: Poliectnika service. 2010. P. 279–283.
5. Katalinic B., Pryanichnikov V.E., Ueda K., Kukushkin I., Cesarec P., Kettler R. Bionic Assembly System: hybrid control structure, working scenario and scheduling // Proceedings of 9th National Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Brussels. 2012. P. 111–118.
6. Pryanichnikov V.E. Algorithmic base for remote sensors of mobile robots // Mechatronics, Automation, Control. 2008. № 10(91). P. 10–21.
7. Павловский В.Е., Павловский В.В. Масштабируемая система управления роботами РОБОКОН. – Информационно-измерительные и управляющие системы.-М.:Радиотехника,2013,т.11,N4.-С.80-92.
8. Kirsanov K., Levinsky B., Pryanichnikov V. Integrating software for intelligent robots // Informational-Measuring and Control Systems, Radiotekhnika. 2009. V. 7. № 6. P. 35–43.
9. Kirillchenko A.A., Pryanichnikov V.E., Rogozin K.V. Limits of validity and reliability of proofs. Scepticism in mathematics, functions, and traditions // Information-Measuring and Control Systems. 2013. V. 11. № 4. P. 57–65.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

RESEARCH OF THE ENERGY-EFFICIENT METHODS OF FUZZY MOVEMENT CONTROL MULTILEGGED WALKING ROBOT "ORTONOG" IN A REAL ENVIRONMENT*

Eugeny S. Briskin, Vadim V. Chernyshev, Alexander V. Maloletov,
Nikolay G. Sharonov, Yaroslav V. Kalinin, Andrey E. Gavrilov,
Alexander V. Leonard, Vladimir V. Arykantsev

Department of Theoretical Mechanics
Volgograd State Technical University
Lenin avenue, 28
400005 Volgograd, Russia
e-mail: dtm@vstu.ru

Abstract

Theoretical foundation of new mechatronic methods to improve energy efficiency of robotic systems movement with electromechanical drive, based on the minimization of energy losses of the drive motor in the “drive electromotor-transmission-an actuator” due to the associated motor control and energy efficient actuators have been elaborated. The results have been used in the time of developing a coherent control 8-feet adaptive type walking robot “Ortonog” with 20 controllable degrees of freedom. Control methods based on the use of information and fuzzy logic have been used. Such methods can efficiently control robotic systems in real time, using the experience of an expert operator, a priori, inherent in the system in the form of membership function and fuzzy inference rules. However, when operating robotic system in a complex, previously unknown environment, a priori know ledge may be

* The reported study was partially supported by RFBR, research projects No. 15-41-02451, No. 14-08-10002, No. 14-01-00655, No. 14-01-31376, No. 15-08-04166, No. 15-48-340957, No. 16-08-01109, No 16-31-00427, No 15-41-02578

inadequate to real conditions. During the research in training mode when the robot control by operator in real conditions tuning of fuzzy control walking robot “Ortonog” was carried out.

INTRODUCTION

Walking machines and robots, in some cases, have a range of significant advantages, in comparison with traditional wheeled and tracked machines. There are different approaches to movement control of walking robotic systems. Typical problems, which appear during movement control of walking devices are marked. Theoretical foundation of new mechatronic methods to improve energy efficiency of robotic systems movement with electromechanical drive, based on the minimization of energy losses of the drive motor in the “drive electromotor-transmission-an actuator” due to the associated motor control and energy efficient actuators have been elaborated. Held experiments are also confirmed significant excellence of walking machines on ground and shape passableness in comparison with traditional vehicles. It is shown, that devices of that type can find a wide application already in our time. Results can be demand in development of adaptive type walking robotic systems and its control systems.

WALKING ROBOT “ORTONOG”

Structurally the 1,5-ton walking robot “Ortonog” (Fig. 1) is a welded rectangular frame and movements' modules are situated at each corner of the frame. The structure of each module consists of two movers of vertical displacement mechanism, two movers of horizontal displacements, two pairs of rails and turning mover [1]. Movers of vertical displacements are provided with ball bushing mounted on a pair of horizontal rails and are connected to the movers of horizontal displacements with a bars. The guides and the movers of horizontal movements are mounted on the rotating part of the rotation mover. The mover of rotation is fixed on the frame. The mover of vertical displacement has a retraceable stock with disk pad serving as a walking support of machine. The drive shaft is provided by GSM 30-1802 electric cylinder with 455 mm stroke. The drive mechanisms of the horizontal movers – from GSM 30-1805 electric cylinder has the same speed. Swing Drive – SLG 090-100 servo motor with integrated gearbox, providing reversal move of module. The movers (drives) are equipped with feedback sensors and electric brakes. The alone power supply (Petrol), electric hopper and the place for operator and also stand on the frame.

MOVEMENT CONTROL

The experiment of walking machine control on complex terrain and its energy efficiency [2-6] shows that the operator cannot control effectively all movers simultaneously. In addition, the presence of the operator on the machine is not often desirable in extreme cases it is dangerous and the necessity to have comfortable work place for operator can increase the cost of the machine. Therefore, the following method for traffic control have been used. The operator controls the machine's work autonomously on the base of visual information coming from the visual sensor (from cameras mounted on the left and right board of machine) and interferes with the motion control only when it is necessary, for example in the time of overcoming obstacles. Visual onboard sensor (2 cameras on each side) have been installed in the bottom for visual control of legs movement in the time of overcoming obstacles. In such case the operator may be outside of the working area. The motion control is solved without operator at the lowest level of control (on-board computer). At the same time the problem of the selection of the useful information in the signals of course cameras with the help of the processing algorithms have not been set for determine the characteristics of the working space. The external condition is given as function of the relative position of the feet interaction with the ground. This information gets with the help of current of the electromotor drive mechanisms of vertical and horizontal movements of the robot legs, and with the help of derivatives of these parameters. The sensors of body angles (machine roll and pitch) and position sensors were used in the time of tests to determine the environmental conditions. As a result, the control system at a lower level does not allow to discover and identify the type and location of obstacles -control is carried out under conditions of partial uncertainty and various failures in control are possible. Therefore, the control is passed to the upper level (machine operator). Robot is controlled by the operator in the training mode. The operator was able to vary the speed of the walking movers, length and height of the step, and the angle of rotation of movers. A tablet-type personal computer, connected to the hopper with a help of electrical cable have been used as a remote control in the time of field study. Cable length allows the operator to be at the safe and convenient distance from the walking machine if it is necessary. In the training mode and for comfortably control the walking machine was also equipped with two additional place for expert-operators on the right and left side of the board, and some control functions were transmitted there. Machine operator interface and expert operators of the right and left side interface in the training mode are shown in Fig. 2 and Fig. 3, respectively.



Fig. 1. Walking robot “Ortonog”.

FIELD RESEARCHES

The experimental work was executed in the real terrain. The comparatively flat areas with different types of soils and areas with difficult terrain were selected for experimental studies. Walking robot moved (with low speed) to the place of the execution of experiment from the base camp itself. The transportations robot over longer distances were organized also, for example, on the nearest fields of irrigated area.

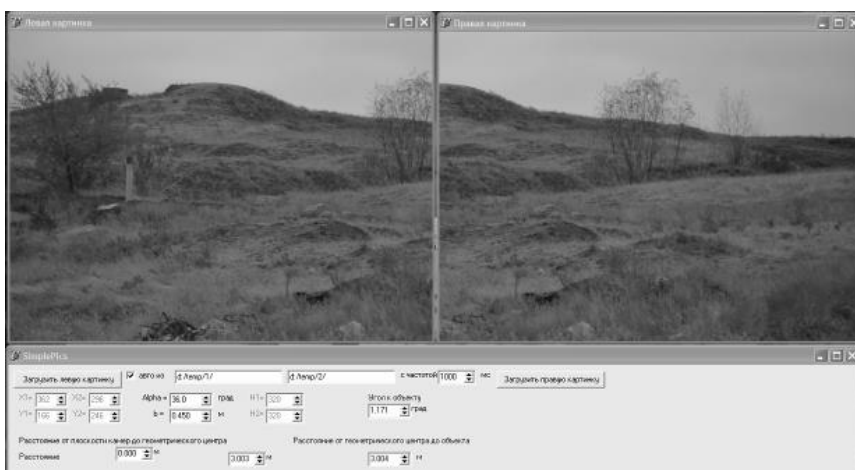


Fig. 2. Machine operator interface

Some of the most typical situations have been modeled under training in real unorganized area. Among them: movement in march regime on the different

types of soils, overcoming slopes, trenches, ditches and others. Setting adaptive fuzzy control was carried out with a help of comparing the data on the situation and the appropriate control. The information about control signals generated by the operator, and the level of energy consumption together with information about current situation which was fixed on-board video cameras were analyzed.

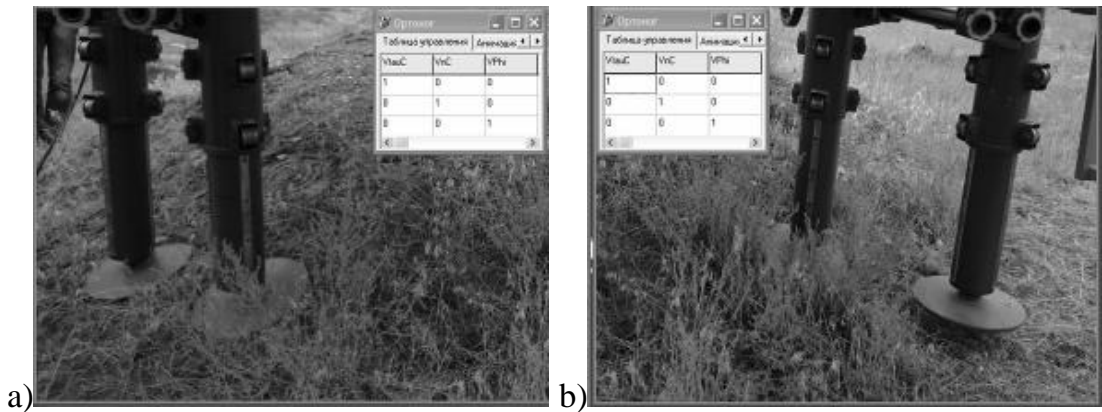


Fig. 3. Expert operators of the left (a) and right (b) side interface

The analyze of the trace track were carried out on the deformable soil in the march regime of motion (the skid of feet indicates that feet work against each other, it is infeasible for energy efficiency). Telemetry data received from the robot's sensory system (the relative displacement and velocity of the feet, the currents of the 20 controlled drives for to estimate the electric energy, etc.) and information about the appropriate control signals from the operator synchronously were written. Listings log files of some modes of motion for vertical drives walking movers one side of board is shown, as an example, in Fig. 4. After the end of motion an off-line analysis was carried out of the file. The analysis was executed conjointly with synchronous time-lapse video of the process of motion processing. It allows us to confront the robot driver relative motion (relative to the body) with its absolute motion. In the file, an area corresponding to the performance characteristics of the robot, such as, for example, the passage of obstacles have been selected. The principle of learning consisted in is an iterative selection of the parameters of adaptive fuzzy inference system, providing the minimum square error between the motion of an autonomous system and the system controlled by an experienced operator. The experience of control walking robots "Vosminog" and "Vosminog-M" [4-6] with movers (with 2 controllable degrees of freedom) was not reasonably useful. The lack of control experience of walking adaptive type machines was compensated with large number of experiments. It is necessary to take into

account that derivable the results are oriented and used only for considered situation. So the problem of the situation identification are arising. Later, after considering a sufficiently large number of possible situations methods of fuzzy clustering were used to recognize them. After the identification of the current situation the tuning of output system obtained in the time of learning is seated according to results of identification. The one used for the current control of the robot legs.

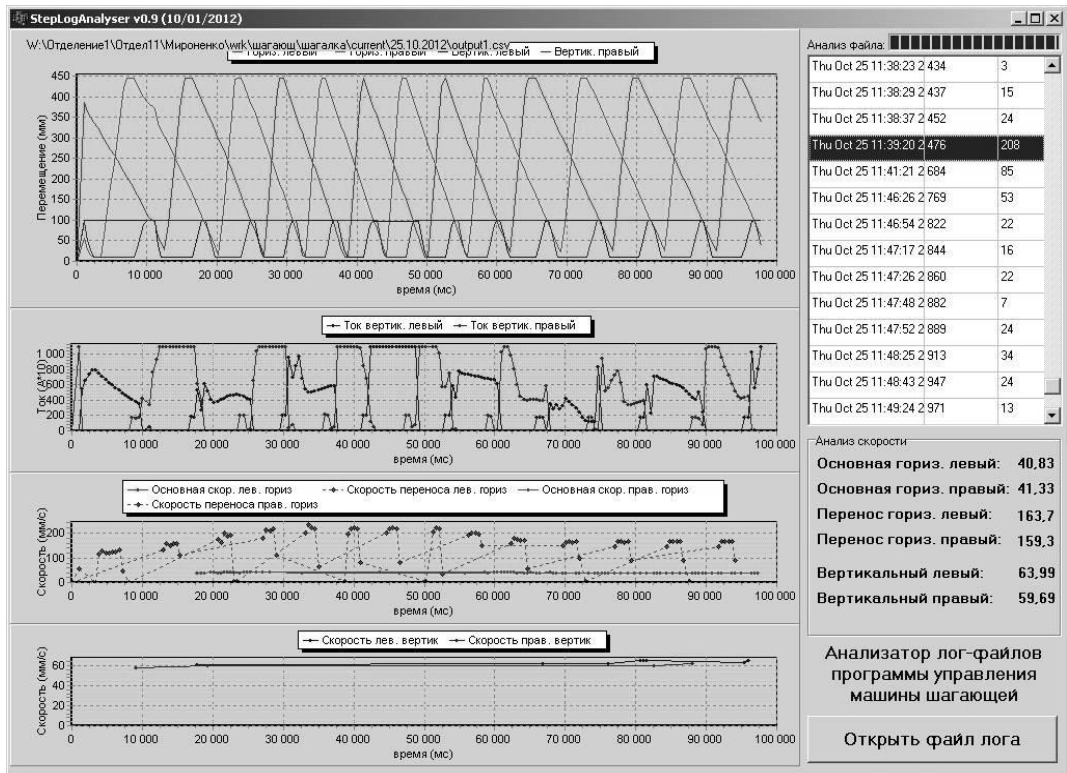


Fig. 4. An example of a listing of log files

If you cannot determine the situation in a certain system it is provided a set of actions with the aim of obtain additional information about the external situation. For example, in situations presented in Fig. 5 (one of carry-over legs is integrated with the obstacle) and Fig. 6 (the one of carry-over legs does' not reach the bearing surface) the emergency stop is provided. Both situations are determined by the current in the corresponding electric drive - in the first case there is it's an unacceptably growth in the horizontal drive of feet displacement, and in the second case, the absence of growth the current in the drive of vertical displacement. After an emergency stop of the robot the Gnostic motion of the foot (left and right, back and forth, up and down) is provided in order to obtain more information about the support surface. Then the obstacle is overcome or the step set on the edge of the obstacle. Then the

Gnostic motion is executed by the leg working in opposition. Such situations have been tested in real conditions.

SUMMARY

The obtained results:

- the installation of the fuzzy control system of Walking robot “Ortonog” in the learning mode in the real terrain have been executed;
- the recommendation for the organization of energy-efficient methods of traffic control of many-legged working adaptive robot in march regimes have been formulated on the basis of obtained experimental data;
- some of the most common situations that arise when the robot is in challenging conditions have been processed in a learning mode; the rules of an autonomous robot behavior with incomplete and ambiguous information about the working space have been corrected;
- the dissipative characteristics of soft ground in the dynamic interaction model of walking mover to the supporting surface have been clarified.

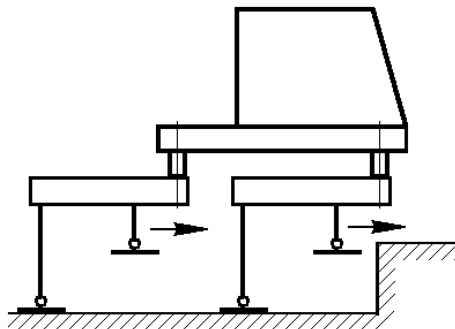


Fig. 5. An example of the situations requiring an emergency stop of the walking robot: leg when moving against the acting obstacle

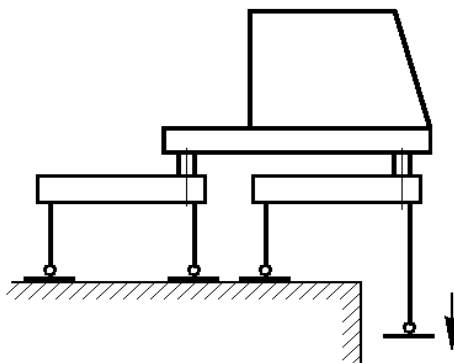


Fig. 6. Leg when fully extended actuator stem vertical displacements not reached the supporting surface

The robot can function in some modes independently after the cycle. In particular, it may be an autonomous movement in march regimes (with periodic legs movements). Special manoeuvring is required the intervention of operator. Independently it can be realized only such regimes as the stop in front of the local constraint, Gnostic (cognitive) legs movements, body position control for overcoming obstacles and some of the other modes.

REFERENCES

- [1] On the control of motion of a walking machine with twin orthogonal rotatory movers / Briskin E.S., Vershinina I.P., Maloletov A.V., Sharonov N.G. // Journal of Computer and Systems Sciences International. - 2014. - Vol. 53, Issue 3 (May). - P. 464-471.
- [2] Walking machines (elements of theory, experience of elaboration, application) / E.S. Briskin, V.V. Zhoga, V.V. Chernyshev, A.V. Maloletov, Y.V. Kalinin, N.G. Sharonov // Emerging Trends in Mobile Robotics : proc. of the 13th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR 2010). / NITech. Nagoya, Japan, 2010. P. 769-776.
- [3] On the energy efficiency of cyclic mechanisms / E.S. Briskin, Y.V. Kalinin, A.V. Maloletov, V.V. Chernyshev // Mechanics of Solids. - 2014. - Vol. 49, № 1. - C. 11-17.
- [4] On the energetically efficient motion algorithms of walking machines with cyclic mechanisms / E.S. Briskin, Y.V. Kalinin // Journal of Computer and Systems Sciences International. - 2011. - Vol. 49, № 1. - C. 11-17.
- [5] Power efficiency and control algorithms of walking machine with cycle propellers / E.S. Briskin, V.V. Chernyshev, A.V. Maloletov // Climbing and Walking Robots and their Supporting Technologies for Mobile Machines. CLAWAR 2003 : proc. of the Sixth Int. Conf., Catania (Italy), 17-19 September 2003 / Univ. of Catania [etc.]. - [UK], 2003. - C. 861-870.
- [6] Control of motion of a legged locomotion machine with minimal-power motor / E.S. Briskin, V.V. Zhoga, A.V. Maloletov // Mechanics of Solids. - 2009. - Vol. 44, № 6. - C. 828-836.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ОПЫТ ОСВОЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ MATLAB В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ СТУДЕНТАМИ, ОБУЧАЮЩИМИСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

Анатолий Галкин, Сергей Лиходеев
Кафедра УИТЭС

Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Горького улица, 87
600000 Владимир, Россия
slikh@rambler.ru

Реферат

Представлен опыт использования искусственных нейронных сетей при подготовке бакалавров и магистров в учебном процессе на кафедре «Управление и информатика в технических и экономических системах» ВлГУ.

Изучение принципов использования искусственных нейронных сетей начинается при подготовке бакалавров в дисциплинах «Теория автоматического управления» и «Системы интеллектуального управления» и продолжается при подготовке магистров в дисциплинах «Современные проблемы теории управления» и «Математическое моделирование объектов и систем управления».

В процессе подготовки студенты должны наравне с освоением теоретических основ, подходов и методов теории управления, научиться применять и адаптировать известные нейросетевые алгоритмы для решения конкретных практических задач. При этом характерной чертой обучения должно быть сочетание его фундаментальной направленности и практической ориентации, определяемой непосредственным применением полученных теоретических знаний для решения прикладных задач.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время интеллектуальное управление становится широко распространенным средством для многих технических и промышленных приложений [1]. Такие системы управления обладают способностью адаптации к возмущениям, изменениям внешней среды и условиям работы.

В настоящее время исследования в области экспертных систем, традиционно считавшиеся основным инструментом интеллектуальных систем, сокращаются, а применение нейросетевых технологий стабильно нарастает.

Искусственные нейронные сети, благодаря своим способностям к самоорганизации и обучению, рассматриваются как перспективные средства для разработки интеллектуальных систем высокой точности и надежности [2].

Существует множество пакетов прикладных программ для работы с нейронными сетями. В учебном процессе на кафедре «Управление и информатика в технических и экономических системах» ВлГУ для работы с нейронными сетями используются система MATLAB Simulink с расширением Neural Network toolbox [3].

Изучение принципов использования искусственных нейронных сетей начинается при подготовке бакалавров в дисциплинах «Теория автоматического управления» и «Системы интеллектуального управления». Продолжается при подготовке магистров в дисциплинах «Современные проблемы теории управления» и «Математическое моделирование объектов и систем управления».

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ

При изучении дисциплины «Теория автоматического управления» при исследовании нелинейных систем используется регуляторы на основе нейронной сети.

Схема моделирования в среде MATLAB [3] с двигателем постоянного тока с использованием нейроконтроллера NARMA-L2 показана на рисунке 1.

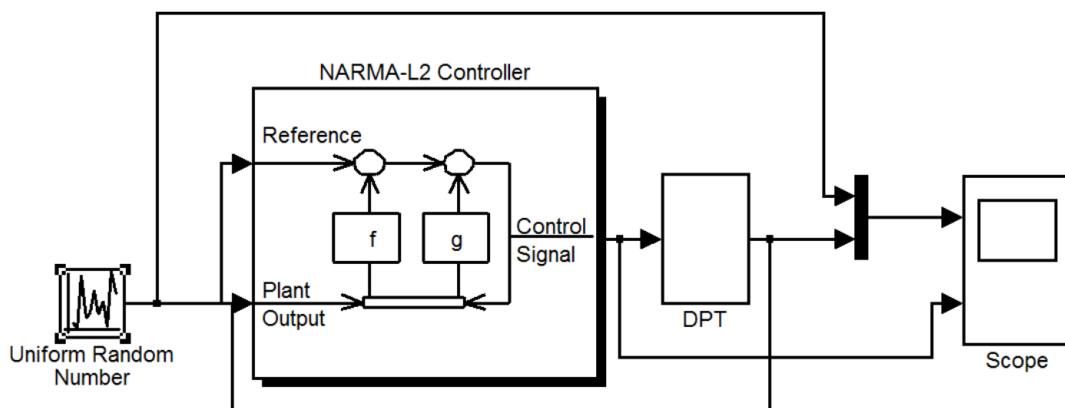


Рис. 1 - Схема модели с использованием нейроконтроллера NARMA-L2

Переходный процесс электропривода с двигателем постоянного тока под управлением нейроконтроллера NARMA-L2 представлен на рисунке 2.

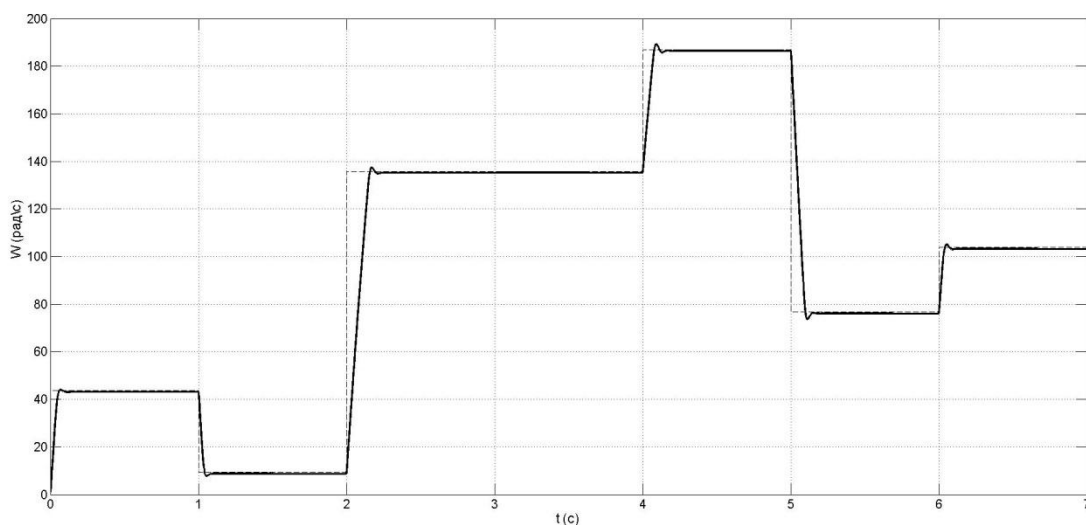


Рис. 2 - Переходный процесс электропривода под управлением нейроконтроллера NARMA-L2

В процессе подготовки студенты должны наравне с освоением теоретических основ, подходов и методов теории управления, научиться применять и адаптировать известные нейросетевые алгоритмы для решения конкретных практических задач.

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ

При подготовке магистров, например, решаются практические задачи такие как: «Синтез нейроконтроллера на основе модели авторегрессии со скользящим средним для управления вентильным двигателем»,

«Применение методов нейронных сетей для управления электроприводом с асинхронным двигателем», «Моделирование автоматической система регулирования скорости с нелинейной обратной связью по току с нейрорегулятором». Модель последней задачи показана на рис 3

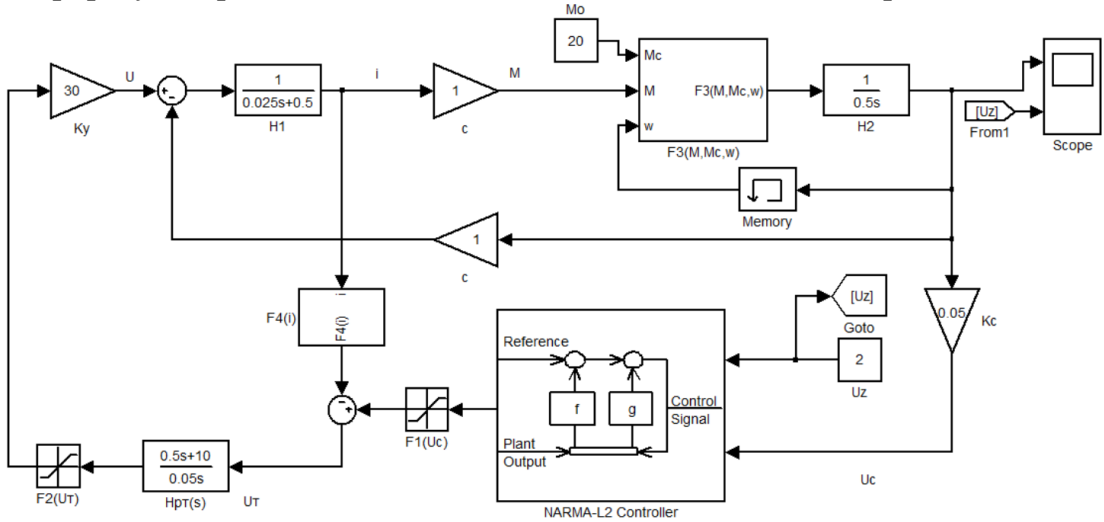


Рис. 3 – Модель автоматической система регулирования скорости с нелинейной обратной связью по току с нейрорегулятором.

На рисунке 4 и 5 показана реализация нелинейных зависимостей F_3 и F_4 .

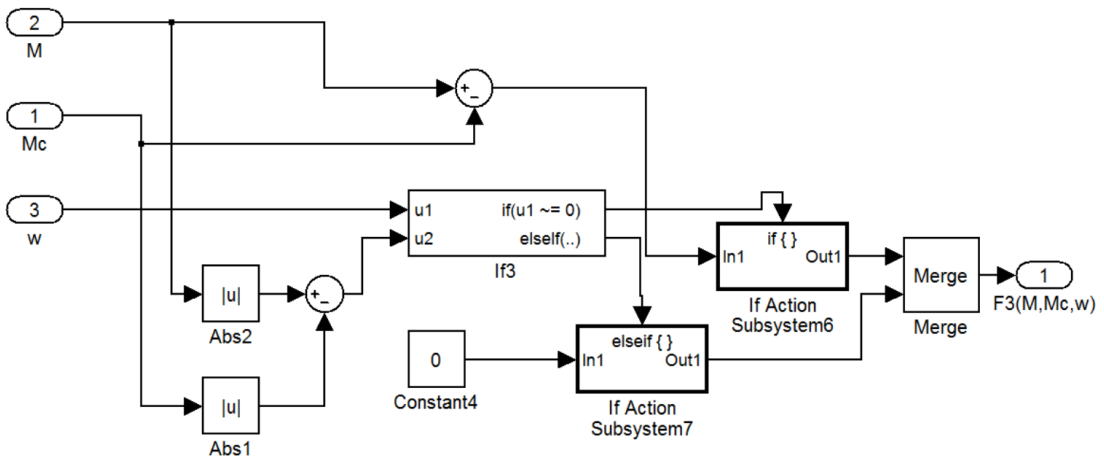


Рис. 4 – Модель нелинейной функции $F_3(M, M_c, w)$.

$F_3(M, M_c, w)$ - нелинейная зависимость, моделирующая торможение двигателя за счет сил трения [4];

$$F_3(M, M_c, w) = \begin{cases} M - M_c & \text{при } w \neq 0; \\ 0 & \text{при } |M| - |M_c| < 0 \text{ и } w = 0; \end{cases}$$

M_c - момент трения покоя;

M – электромагнитный момент двигателя;

$F_4(i)$ - статическая характеристика функционального преобразователя [4];

$$F_4(i) = k_T (i + \alpha i^2 \operatorname{sgn} i);$$

k_T – коэффициент передачи датчика тока;

α - коэффициент пропорциональности;

i – ток якорной обмотки.

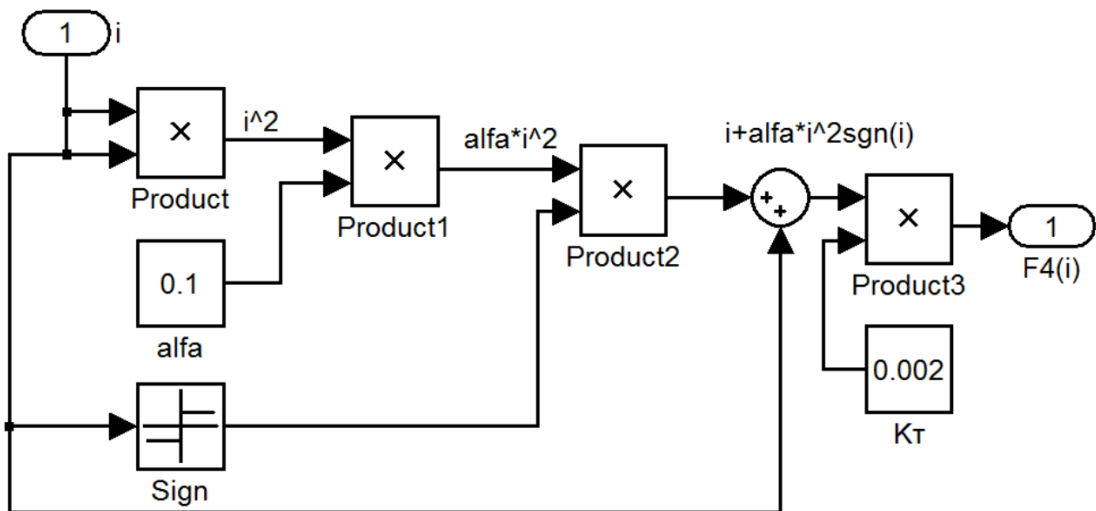


Рис. 5 – Модель нелинейной обратной связи по току $F_4(i)$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение возможностей нейросетей в среде MATLAB Simulink при преподавании различных дисциплин, моделирование разнообразных систем, позволяет реализовать совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ бакалавриата и магистратуры по направлению подготовки 27.03.04 и 27.04.04 «Управление в технических системах».

ССЫЛКИ

[1] Методы классической и современной теории автоматического управления. Учебник под общей редакцией Пупкова К. А. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.-154с.

- [2] В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюкин, В.Н. Антонов. Нейросетевые системы управления. С-П. 1999.- 265с.
- [3] Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК_Пресс, 2008. – 784 с.
- [4] С.И. Малафеев, А.А. Малафеева. Моделирование и расчет автоматических систем. Издательство «Посад». Владимир, 2003.-200 с.



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ СЕТЕВОЙ ПРОЕКТ «СИНЕРГИЯ»: ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Сергей Стажков

Председатель совета директоров
международного университетского сетевого проекта «Синергия»
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Кафедра «Системы приводов, мехатроника и робототехника»
Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
1-ая Красноармейская, 1
190005 Санкт-Петербург, Россия
e-mail stazhkov@mail.ru

Реферат

Качественное высшее образование базируется:

- на высокопрофессиональном профессорско-преподавательском кадровом составе;
- на постоянно совершенствующейся учебно-методической базе, отражающей потребности промышленности и современные тенденции развития инженерной науки;
- на современной учебно-лабораторной базе и развитой системе инженерных практик на передовых промышленных предприятиях.

По всем этим компонентам многие российские инженерные университеты в настоящее время испытывают определенный дефицит:

- устарела и не соответствует современным требованиям опережающей функции современного образования учебно-лабораторная база;
- не поспевает за требованиями промышленности учебно-методическое и современное организационное обеспечение образовательного процесса;
- разрыв поколений профессорско-преподавательского состава достигает трех-четырёх десятков лет;

- в вузах существенно снизилось число «практикующих» преподавателей-инженеров, выполняющих реальные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
- требуют восстановления нарушенные связи университетов и передовых предприятий профильных отраслей.

Возможным выходом из создавшейся ситуации является интеграция образовательных ресурсов передовых инженерных университетов России, сумевших сохранить научно-образовательный потенциал или способных к его восстановлению, во взаимодействии с лидирующими в своей области российскими и зарубежными профильными предприятиями.

Примеры такой интеграции на базе сетевых форм реализации образовательного процесса существуют во многих странах с высоким уровнем высшего инженерного образования.

В последние годы в России также наблюдается тенденция к созданию инициативных объединений технических университетов (консорциумы, корпоративные университеты и т.п.), которые, используя современные средства коммуникации и передовые методы дистанционного обучения, пытаются реализовать совместные двухсторонние, а в ряде случаев многосторонние образовательные проекты [1].

Уже на протяжении 10 лет одним из примеров успешной интеграции интеллектуальных и материальных ресурсов ряда российских университетов и университетов из стран постсоветского пространства с ведущим в области автоматизации технологических процессов и производств, мехатроники и робототехники европейским концерном ФЕСТО, а также Международной ассоциацией инженеров DAAAM International является Международный университетский сетевой проект «Синергия».

В статье представлены основные результаты 10-летней деятельности вузов-участников проекта «Синергия», накопленный опыт подготовки высококвалифицированных инженерных кадров для высокоавтоматизированных предприятий РФ, Казахстана и Киргизии.

ВВЕДЕНИЕ

В конце 80-х годов на российских предприятиях стало использоваться оборудование, производимое концерном ФЕСТО. При этом его внедрение и последующая эксплуатация потребовали повышения квалификации и переподготовки инженеров в области автоматизации технологических процессов и производств. Решая эту задачу, концерн

силами своего структурного подразделения ФЕСТО-ДИДАКТИК РФ создал сеть центров переподготовки и повышения квалификации, оснастив их уникальными учебными стендами.

Некоторые из этих центров были созданы на базе ряда ведущих технических университетов России и стран постсоветского пространства.

В дальнейшем именно эти центры послужили основой для создания университетских центров ФЕСТО для реализации целенаправленной подготовки инженеров в области мехатроники, автоматизации технологических процессов и производств и управления техническими системами в рамках основных образовательных программ высшего образования.

В 2006 году пять первых университетов, которые были оснащены учебными стендами концерна ФЕСТО и при которых ранее были созданы и уже активно функционировали университетские центры ФЕСТО: НИУ «МЭИ», БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова, ОмГТУ, СевНТУ (в настоящее время СевГУ) и КарГТУ приняли решение объединить свои интеллектуальные и материальные ресурсы с целью подготовки высококвалифицированных инженеров с использованием инновационных методов сетевого обучения в рамках Международного университетского сетевого проекта «Синергия».

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

На первом этапе была поставлена задача объединить университеты надежной высококачественной интернет-связью. Эту задачу взялась решать и успешно осуществила фирма ФЕСТО, вложив немалые средства в техническое оснащение и дальнейшее финансовое обеспечение трафика подключенных университетов



Наличие передовых на тот период технических средств коммуникации позволило участникам проекта реализовать инновационную технологию дистанционного доступа и проведения лабораторных работ на учебном оборудовании концерна ФЕСТО.

Первый опыт проведения ON-LINE лекций был осуществлен в рамках модульного чтения факультативных спецкурсов для магистров.

Успешное проведение этих курсов послужило основой для постановки, так называемых, «обменных» дистанционных курсов, читаемых ведущими преподавателями вузов и специалистами профильных предприятий.

Однако при этом возникает ряд учебно-методических, организационных и финансовых вопросов.

Курсы, читаемые в разных университетах, как правило, имеют неодинаковый объем, продолжительность и структуру.

Зачастую содержание курса зависит от профессиональных предпочтений и научного опыта преподавателя.

Возникают трудности объективной и всесторонней аттестации знаний студентов, осуществляемой в дистанционном режиме.

Также возникают вопросы формирования учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава и финансовых взаимоотношений между университетами.

ОРГАНИЗАЦИЯ СОВМЕСТНЫХ КУРСОВ

Перечисленные выше проблемы побудили участников проекта в 2014 году сформировать межвузовский учебно-методический совет проекта «Синергия», который поставил перед собой ряд задач по координации образовательной деятельности и разработке новых форм и методов сетевого обучения.

Первым результатом его деятельности стала разработка и внедрение в учебный процесс нового по структуре и форме реализации, так называемого, «совместного» курса «Интеллектуальные системы управления» для магистрантов университетов-участников проекта «Синергия».

Основная идея заключается в том, что данный курс строится по гибкому модульно-тематическому принципу, и каждый модуль закреплен за одним из университетов-участников проекта СИНЕРГИЯ.

В весеннем семестре 2015/16 учебного года данный курс, состоящий из 4 модулей (каждый из которых состоял из трех лекций – 6 академических часов), был прочитан преподавателями МЭИ, КарГТУ, ОмГТУ, а также Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ), вошедшего в состав участников проекта в 2014 году. Курс наряду с магистрантами данных университетов, также слушали магистранты первого года обучения БГТУ «ВОЕНМЕХ».

Преподаватели каждого университета, прочитав закрепленный за ними учебно-тематический модуль, в остальное время осуществляли

организационные и консультационные функции, а по завершении всего курса провели аттестацию знаний студентов, обучающихся в их университетах.

Ниже представлено расписание занятий, реализованное в весеннем семестре 2015/16 учебного года.

Модуль 1 «Нечеткие системы управления» (НИУ «МЭИ»):

Лекция 1 – 11 февраля 2016 года (Чт-12:30 мск)

Лекция 2 – 18 февраля 2016 года (Чт-12:30 мск)

Лекция 3 – 25 февраля 2016 года (Чт-12:30 мск)

Модуль 2 «Генетический алгоритм» (КарГТУ):

Лекция 4 – 3 марта 2016 года (Чт-12:30 мск)

Лекция 5 – 10 марта 2016 года (Чт-12:30 мск)

Лекция 6 – 17 марта 2016 года (Чт-12:30 мск)

Модуль 3 «Искусственные нейронные сети» (ОмГТУ):

Лекция 7 – 24 марта 2016 года (Чт-12:30 мск)

Лекция 8 – 31 марта 2016 года (Чт-12:30 мск)

Лекция 9 – 7 апреля 2016 года (Чт-12:30 мск)

Модуль 4 «Интеллектуальные системы управления в промышленности» (СПбПУ):

Лекция 10 – 14 апреля 2016 года (Чт-12:30 мск)

Лекция 11 – 21 апреля 2016 года (Чт-12:30 мск)

Лекция 12 – 28 апреля 2016 года (Чт-12:30 мск)

Конечно, приобретенный опыт в результате внедрения данного курса в учебный процесс требует всестороннего анализа и осмысления, а сам курс необходимой корректировки, но уже сейчас можно говорить о некоторых предварительных результатах.

Прежде всего, работа преподавателя с «рутинной» лекционной смещается в сторону учебно-методической и учебно-организационной работы, что оказывает положительное влияние на качество учебного процесса. Преподаватель имеет возможность в рамках высвободившегося времени акцентировать внимание и постоянно совершенствовать закрепленный за ним модуль и методику преподавания.

На качестве учебного процесса также положительно сказывается осуществляемое естественным образом взаимное влияние различных научно-образовательных школ. Чтение одного курса несколькими преподавателями оживляет курс и повышает к нему интерес студентов.

Аттестация знаний студентов проводится непосредственно их преподавателем по всему курсу, что исключает формальный подход, повышает ответственность и дисциплинирует студентов.

На качестве учебного процесса также положительно сказывается то, что без привлечения дополнительных кадровых ресурсов курс ведут, по существу, два преподавателя попеременно выполняя функции лектора или консультанта.

Следует отметить, что курс может легко трансформироваться и совершенствоваться, за счет преобразования уже имеющихся или включения

новых учебно-тематических модулей, закрепленных за ведущими преподавателями других университетов, в том числе зарубежных.

Университеты, имеющие доступ к данному курсу, могут по своему усмотрению включать в свои образовательные программы отдельные модули или курс в целом, в ряде случаев решая проблему отсутствия высококвалифицированных преподавателей.

Учитывая вышеизложенное межвузовский учебно-методический совет проекта «Синергия» в осеннем семестре 2016-17 на базе приобретенного опыта планирует к внедрению в учебный процесс новый совместный магистерский курс под общим названием «Современная теория управления».

Конечно, специфика инженерного обучения обусловлена необходимостью наряду с теоретическим курсом осуществлять практическую подготовку специалистов на современной учебно-лабораторной базе.

В настоящее время проведение практических и лабораторных занятий по данному курсу осуществляется преподавателями каждого университета самостоятельно. Однако, как уже было сказано, у университетов-участников проекта «Синергия» имеется опыт проведения лабораторных работ на учебных стендах концерна ФЕСТО (ключевого партнера и многолетнего активного участника данного проекта) в режиме удаленного доступа, который в дальнейшем можно будет использовать в рамках данного или подобных «совместных» курсов.

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА в ВЕНЕ

Решению проблемы практико-ориентированной подготовки инженеров активно содействуют ключевые партнеры вузов-участников проекта «Синергия» DAAAM International и концерн FESTO, которые в 2013 году организовали первую международную ознакомительную практику студентов БГТУ «ВОЕНМЕХ» в Вене. Студенты познакомились с содержанием и организацией учебного процесса в Венском техническом университете и Университете прикладных наук «ТЕХНИКУМ», ознакомились с экспозицией венского музея науки и техники, посетили представительство концерна FESTO, прослушали ряд лекций ведущих австрийских ученых.

Успешное проведение первой практики позволило сделать их регулярными. Начиная 2015 года, формируется общая группа из студентов университетов-участников проекта «Синергия».

СТУДЕНЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ТВОРЧЕСТВО И МОЛОДЕЖНЫЕ КОНКУРСЫ

Большое внимание вузы-участники проекта «Синергия» уделяют развитию молодежного творчества, создавая и стимулируя работу студентов и абитуриентов в научно-технических кружках и студенческих конструкторских бюро, организуя и участвуя в различных молодежных конкурсах.

Одним из наиболее престижных и перспективных конкурсов, в котором при самом активном содействии ФЕСТО-ДИДАКТИК РФ участвуют студенты, является всемирно известный конкурс «WorldSkills».

ОТКРЫТАЯ ЗАЩИТА И ПРЕЗЕНТАЦИИ ЛУЧШИХ ВКР ПРОЕКТА «СИНЕРГИЯ»

В 2010 году была проведена первая открытая защита дипломных работ студентов БГТУ, МЭИ, ОмГТУ и КарГТУ, что повысило ответственность выпускников при подготовке ВКР. Ежегодно несколько защит осуществляется на английском или немецком языке. В 2015 году в связи с увеличением участников было принято решение о проведении презентаций лучших ВКР.



СОВМЕСТНАЯ НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВУЗОВ- УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТА «СИНЕРГИЯ»

Общеизвестно, что качественный учебный процесс невозможно реализовать без научно-исследовательской деятельности преподавателей, которые должны не только таким образом повышать собственную квалификацию, но и активно привлекать к творческой работе студентов и аспирантов.

Участие в проекте «Синергия» уникальной международной ассоциации DAAAM International решительным образом повлияло на повышение научной активности университетов. Ежегодный весьма представительный Симпозиум DAAAM International существенно повысил научные показатели университетов, публикуя научные работы преподавателей в престижных мировых изданиях, индексируемых Scopus.

В рамках проекта «Синергия» ежегодно проводятся две молодежные научные интернет-конференции, организуемые ОмГТУ и СевГУ.

Организованная в 2012 году уникальная докторская школа DAAAM International ежегодно предоставляет аспирантам возможность общения с ведущими учеными мира.

В 2014 году участники проекта создали межвузовский научно-технический совет, который провел ряд предзащит соискателей ученой степени

кандидата наук, и которые, впоследствии, успешно защитили свои научные диссертации.

ДВУСТОРОННИЕ СВЯЗИ УНИВЕРСИТЕТОВ В РАМКАХ ПРОЕКТА «СИНЕРГИЯ»

Многолетнее сотрудничество университетов в рамках проекта «Синергия» существенным образом повлияло на развитие двусторонних связей.

Это и двухдипломное образование, обмен студентами-практикантами, выездные лекции, стажировки преподавателей, стажировки аспирантов, научные консультации аспирантов и докторантов, рецензирование и оппонирование диссертационных работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2014 году участниками проекта СИНЕРГИЯ было признано успешным проведение первого этапа его реализации, и принято решение, основываясь на полученном опыте, увеличить число входящих в него университетов.

Учитывая необходимость эффективной координации возросшего числа вузов, находящихся в различных часовых поясах, было выработано предложение формирования иерархичной системы координации совместной работы при полном равноправии участников сетевого проекта.

В связи с этим было принято решение создать на базе существующих и ряда вновь образованных центров 4 региональных и 2 национальных научно-образовательных центра ФЕСТО в Северо-Западном, Центральном, Западно-Сибирском, Дальневосточном, Южном регионах России, а также в Казахстане и Киргизии.

Задачей этих центров является вовлекать в общую образовательную деятельность заинтересованные в реализации инновационных образовательных проектов вузы, координировать их деятельность, обобщать и распространять положительный опыт совместной работы.

ССЫЛКИ

[1] Шестак В.П., Весна Е.Б., Платонов В.Н. *Сетевое образование: лучшие отечественные и зарубежные практики // Современные проблемы науки и образования.* – 2013. – № 6.



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА «СИНЕРГИЯ» В КАРАГАНДИНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Иосиф Брейдо, Роман Марквардт, Борис Фешин

Кафедра АПП
Карагандинский государственный технический университет
Бульвар Мира, 56
100027 Караганда, Казахстан
jbreido@mail.ru

Реферат

Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ) включен в международный образовательный проект «Синергия» в 2008 г. с учётом большого объема работ, выполненных по техническому и методическому обеспечению дистанционного образования на базе оборудования фирмы «Festo».

Начиная с 2012 г. организован регулярный учебный процесс в магистратуре с привлечением вузов – участников проекта для чтения лекций по Интернету. Преподавателями МЭИ, ОмГТУ и КарГТУ в сетевом режиме прочитано 13 курсов лекций.

На базе стендов разработано 30 лабораторных работ и 30 методических пособий для обучения в бакалавриате и в магистратуре, которые явились итогом магистерских диссертаций, защищенных по тематике проекта «Синергия».

Всего по тематике проекта в период 2008-2015 гг. защищено 27 магистерских диссертаций, что составляет 26 % от общего количества защитившихся магистрантов по кафедре.

В 2015 г. в процессе реализации новой магистерской программы профильной магистратуры «Робототехника. Системы управления» по специальности «Автоматизация», для обучения привлечены преподаватели

вузов – участников проекта как для чтения лекций по Интернет–сети, так и по приглашениям непосредственно в КарГТУ.

В период 2008-2015 гг. по проекту опубликовано 34 статьи и доклада в республиканских и зарубежных журналах и на конференциях.

Магистранты КарГТУ ежегодно проходят научные стажировки в БГТУ, ОмГТУ, а с 2015 г. – в Венском технологическом университете и СПбПУ.

За счет грантов России, выделяемых на развитие Университета ШОС, внедрены технологии встроенного семестрового обучения магистрантов КарГТУ в МЭИ, результатом которого стали магистерские диссертации, выполненные на оборудовании проекта в МЭИ.

Налажено системное взаимодействие с ДАААМ. Проводятся научные стажировки докторантов PhD и преподавателей в ОмГТУ и СПбПУ. На основании договора между TCI–Festo и КарГТУ создан Республиканский Центр «КарГТУ – Festo – Синергия».

Отработана технология двудипломного образования в магистратуре по программе «Double degree» (МЭИ – КарГТУ), и в 2011 г выпущен 1 магистр.

Проект «Синергия» – это пример реального и успешного взаимодействия на международном уровне между техническими университетами России и Казахстана в области инновационных технологий высшего технического образования.

ВВЕДЕНИЕ

Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ) включен в международный образовательный проект «Синергия» в 2008 г. с учётом большого объема работ, выполненных по техническому и методическому обеспечению дистанционного образования на базе оборудования фирмы «Festo».

Были приобретены и смонтированы мехатронная линия МПС, стенд систем автоматического регулирования параметров жидкости «Процессная станция», мобильный робот «Robotino». Затем часть стендов вуза была подключена к межуниверситетской Интернет–сети с помощью поставленного безвозмездно «Festo» телекоммуникационного оборудования.

В последующем университет приобрел стенды «Сервопривод», «Шаговый электропривод», «Портальный робот», «Средства пневмоавтоматики», а также транспортные автоматизированные технологические комплексы и стенд по средствам пневмоавтоматики.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА СИНЕРГИЯ В КАРГТУ

В процессе развития проекта разработано и апробировано программное обеспечение и технологии дистанционного выполнения лабораторных работ, а также курсового проектирования в сети Интернет. В КарГТУ при поддержке компании ТЦИ оборудована аудитория, которая используется для трансляции лекций.

Начиная с 2012 г. организован регулярный учебный процесс в магистратуре с привлечением вузов – участников проекта для чтения лекций по Интернету. Преподавателями МЭИ, ОмГТУ и КарГТУ в сетевом режиме прочитано 13 курсов лекций.

На базе стендов разработано 30 лабораторных работ и 30 методических пособий для обучения в бакалавриате и в магистратуре, которые явились итогом магистерских диссертаций, защищенных по тематике проекта «Синергия». Все эти лабораторные работы явились результатами внедрения магистерских диссертаций.

Для бакалавриата разработаны работы, при выполнении которых прививаются практические навыки работы на стендах и программирования промышленных контроллеров, а в лабораторных работах в магистратуре решаются проектные и исследовательские задачи.

Всего по тематике проекта в период 2008-2015 гг. защищено 27 магистерских диссертаций, что составляет 26 % от общего количества защитившихся магистрантов по кафедре.

В 2015 г. в процессе реализации новой магистерской программы профильной магистратуры «Робототехника. Системы управления» по специальности «Автоматизация и управление» организовано обучение на траектории «Промышленные роботы», которую выбрали 44 из 67 поступивших магистрантов. Для обучения на этой траектории привлечены преподаватели вузов – участников проекта как для чтения лекций по Интернет–сети, так и по приглашениям непосредственно в КарГТУ.

В КарГТУ прочитаны курсы лекций для студентов, магистрантов, докторантов и сотрудников кафедры АПП участниками проекта профессорами Каталиничем Б., Ипатовым О.С., Стажковым С.М. и Хомченко В.Г. В Интернет–режиме в весеннем семестре 2015-2016 учебного года прочитан новый 4-х модульный совместный междуниверситетский курс «Интеллектуальные системы управления», каждый модуль которого читается преподавателями МЭИ, СПбПУ, КарГТУ и ОмГТУ.

По сети профессором Хомченко В.Г. прочитан курс «Промышленные роботы».

В период 2008-2015 гг. по проекту опубликовано 34 статьи и доклада в республиканских и зарубежных журналах и на конференциях.

Магистранты КарГТУ ежегодно проходят научные стажировки в БГТУ, ОмГТУ, а с 2015 г. – в Венском технологическом университете и СПбПУ. Причем в 2015 г. в рамках реализации организована стажировка 30 магистрантов КарГТУ, обучающихся по программе профильной магистратуры «Робототехника. Системы управления».

За счет грантов России, выделяемых на развитие Университета ШОС, внедрены технологии встроенного семестрового обучения магистрантов КарГТУ в МЭИ, результатом которого стали магистерские диссертации, выполненные на оборудовании проекта в МЭИ.

Налажено системное взаимодействие с ДАААМ: начиная с 2009 г. магистранты и докторанты PhD ежегодно участвуют в симпозиумах с представлением докладов и их последующей публикацией в журналах издательства Elsevier.

Проводятся научные стажировки докторантов PhD в ОмГТУ и СПбПУ. Организованы стажировки преподавателей в СПбПУ.

Регулярно проводятся регулярные Интернет–совещания по проекту.

Обеспечено регулярное опубликование материалов по проекту в республиканском научно-техническом журнале «Автоматика и Информатика».

В процессе реализации проекта лаборатории вуза, как и других участников проекта, оснащены современным оборудованием ведущих производителей «Festo», «Siemens» и «Mitsubishi Electric», которое интенсивно используется в учебном процессе.

На основании договора между TCI–Festo и КарГТУ создан Республиканский Центр «КарГТУ – Festo – Синергия».

Необходимо отметить, что проект «Синергия» обеспечил не только внедрение технологий сетевого обучения, но и дал мощный толчок в развитии материального и учебно-методического обеспечения специальностей бакалавриата и магистратуры «Автоматизация и управление» и «Электроэнергетика». В процессе реализации проекта созданы собственные дополнительные электронные обучающие ресурсы (включая слайд и видеолекции, презентации, методические указания).

В центре, кроме магистрантов специальности «Автоматизация и управление» обучаются студенты бакалавриата специальностей «Автоматизация и управление» и «Электроэнергетика», а также магистранты специальности «Электроэнергетика».

На оборудовании Центра и других лабораторий кафедры выполняются лабораторные и практические работы по профильным дисциплинам магистратур: «Языки программирования промышленных контроллеров», «Интеллектуальные системы управления», «Автоматизация электротехнических комплексов горно-металлургического производства», «Системы оперативно-диспетчерского управления АТК», «Основы проектирования промышленных роботов», «Системы управления промышленными роботами» и др.

Это оборудование также используется для получения начальных практических знаний в области программирования промышленных

контроллеров по профильным дисциплинам бакалавриата: «Промышленные контроллеры», «Прикладное программное обеспечение систем управления», «Мехатронные объекты в автоматизации», «Основы мехатроники и робототехники», а также выполняются лабораторные и курсовые работы. Кроме того, оно предназначено для проведения тренингов работников промышленности на современном оборудовании мировых производителей средств автоматизации.

Стенды «Festo» с контроллерами «Siemens» и «Mitsubishi Electric» применяются для реализации технологий проектного обучения в области робототехники и пневмоавтоматики, а также для дипломного проектирования.

Отработана технология двудипломного образования в магистратуре по программе «Double degree» (МЭИ – КарГТУ), и в 2011 г выпущен 1 магистр.

Достаточно перспективной представляется возможность реализации проекта «Синергия» в рамках сетевого Университета ШОС, в котором КарГТУ участвует вместе с вузами России (МЭИ, УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург; НГТУ Новосибирск), Кыргызстана и Таджикистана, для реализации технологий двудипломного образования как в бакалавриате, так и в магистратуре.

При этом могут быть реализованы программы, «Double majors», когда обучение производится по родственным специальностям «Minors», когда в дополнение к основной специальности изучается несколько дополнительных дисциплин; «Double degree», предполагающие получение двух дипломов по двум специальностям.

Работа над проектом показала, что сотрудничество университетов между собой и с передовой промышленной компанией открывает новые возможности как в практическом, так и в теоретическом обучении студентов.

Уникальные возможности проекта «Синергия», создающего на основе объединения лучших преподавателей и современной лабораторной базы вузов новые сетевые технологии обучения, позволят повысить качество обучения до международного уровня с минимизацией финансовых затрат вузов на обучение за счет объединения материальных, интеллектуальных и кадровых ресурсов партнеров и уменьшения расходов на повышение квалификации и реализацию программ академической мобильности и академических обменов.

Так как реализация академической мобильности не связана с перерывом обучения в собственном вузе, то имеются возможности, не нарушая стандартов, изучить несколько дисциплин или законченный модуль в зарубежном вузе в течение нескольких семестров, при этом сохраняются нормативные сроки обучения. Таким образом, могут быть обеспечены принципы академической свободы в структуре и содержании образовательных программ, академическая мобильность студентов в зарубежных университетах продолжительностью не менее одного академического периода за весь период обучения без нарушений требований стандартов.

Конечно, существует еще ряд проблем, которые необходимо разрешить для успешной реализации проекта «Синергия», как на уровне министерств образования, так и на уровне вузов. К ним относятся:

- решение вопросов взаимопризнания образовательных программ (модулей), изучаемых в рамках проекта в вузах – партнерах по сетевым технологиям, с выдачей соответствующих официальных документов (транскриптов, академических справок);

- снижение нормативной учебной нагрузки преподавателям, участвующим в реализации проекта, с учетом необходимости разработки дополнительного учебно-методического обеспечения и новых технологий обучения либо введение доплат за эти виды деятельности.

Несмотря на изложенные проблемы, проект «Синергия» – это пример реального и успешного взаимодействия на международном уровне между техническими университетами России и Казахстана в области инновационных технологий высшего технического образования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К главному итогу развития проекта следует отнести разработку и реализацию принципов международной интеграции образовательного процесса на основе Интернет - технологий и объединенной лабораторной базы, лучшего учебно-методического обеспечения и лучших преподавателей ведущих технических университетов России и Казахстана, что обеспечивает синергетический эффект при подготовке специалистов технического профиля. В этом принципиальное и существенное отличие проекта «Синергия» от других проектов дистанционного e-learning.



NCSIE

Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА СИНЕРГИЯ В КАРАГАНДИНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Иосиф Брейдо

Кафедра АПП
Карагандинский государственный технический университет
Бульвар Мира, 56
100027 Караганда, Казахстан
jbreido@mail.ru

Реферат

Развитие проекта международного проекта «Синергия» можно разбить на несколько этапов:

- организационный;
- подготовительный;
- организации и обеспечения регулярного учебного процесса;
- расширения направлений развития проекта;
- расширения сети.

Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ) начал свою деятельность в проекте на организационном этапе в 2008 г. с учётом работ, выполненных по техническому и методическому обеспечению дистанционного образования на базе оборудования «Festo».

На подготовительном этапе:

- лаборатории участников проекта оснащены современным оборудованием;
- отработаны технологии выполнения лабораторных работ, курсового проектирования, чтения лекций в интерактивном режиме для магистрантов в сети Интернет;
- созданы собственные дополнительные электронные обучающие

ресурсы;

- налажен процесс стажировок магистрантов в рамках проекта в вузах–партнерах.

В осеннем семестре 2012–2013 учебного года в КарГТУ началось регулярное обучение в международной магистратуре в сетке расписания в течение трех семестров в рамках модулей, подготовленных вузами-партнерами. В сетевом режиме прочитано 13 курсов лекций.

В 2015 г. участники проекта приняли участие в разработке и реализации новой программы КарГТУ для профильной магистратуры «Робототехника. Системы управления», которая базируется на проекте «Синергия».

На основании договора между TCI–Festo и КарГТУ организован Республиканский Центр «КарГТУ – Фесто – Синергия».

Развились новые формы сотрудничества между вузами – участниками проекта, в том числе взаимодействие с DAAAM с участием в симпозиумах и публикациями докладов в журналах издательства Elsevier; научные стажировки магистрантов и докторантов PhD; повышение квалификации ППС; участие в Интернет–конференциях на базе ОмГТУ; участие в Интернет–предзащитах кандидатских диссертаций в БГТУ; презентация лучших магистерских диссертаций по Интернету; участие в регулярных Интернет–совещаниях по проекту; опубликование материалов по проекту в республиканском научно-техническом журнале Казахстана «Автоматика. Информатика».

Перспективным направлением развития проекта для Казахстана является реализация Интернет-технологий по основным видам образовательной и научной деятельности.

Идеи создания объединенного педагогического коллектива и объединенных лабораторий для подготовки специалистов для передовых компаний, лежащие в основе создания проекта «Синергия», постепенно обретают реальные очертания.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие проекта международного научно-образовательного проекта «Синергия» можно условно разбить на несколько этапов:

- организационный;
- подготовительный;
- отработки технологий;
- организации и обеспечения регулярного учебного процесса;
- расширения направлений развития проекта;
- расширения сети.

На первоначальном организационном этапе проекта в период 2006–2007 гг. в проекте состояли Московский энергетический институт (МЭИ), Балтийский государственный технический университет (БГТУ), (Военмех,

Санкт–Петербург), Омский государственный технический университет (ОмГТУ) и Севастопольский Национальный технический университет.

ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА В КАРГТУ

Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ) был включен в 2008 г. по предложению проф. Елисеева А.С. в международный образовательный проект «Синергия». Основанием этого явились два основных фактора.

Во-первых, кафедра автоматизации производственных процессов КарГТУ (АПП) имела серьезный опыт создания программно-аппаратных средств, предназначенных для дистанционного e-learning в области автоматизации и электротехники.

Были созданы, внедрены и широко использовались в учебном процессе виртуальные лабораторно–практические комплексы (ВЛПК) и программно–аппаратные комплексы (ПАК). Разработки ВЛПК осуществлены на базе ППП схемотехнического и имитационного моделирования, выполнены в соответствии с учебными программами по всем разделам курсов и содержат необходимые теоретические материалы, методические указания, а также от 7 до 17 лабораторных работ. Разработано более 10 комплексов по базовым и профильным дисциплинам специальностей «Автоматизация и управление» и «Электроэнергетика».

ПАК содержат различные комбинации виртуальных или программно-аппаратных систем управления и реальных или виртуальных объектов управления. Разработка их программного обеспечения осуществлена на базе различных ППП моделирования электронных и динамических систем. Применены также SCADA-системы, обеспечивающие визуализацию технологических процессов и объектов управления и позволившие создать их имитаторы.

Комплексы разработаны по профильным дисциплинам, и каждый из них содержит теоретические разделы по дисциплине, методические указания и от 4 до 15 лабораторных работ.

Во-вторых, в КарГТУ имелось оборудование фирмы «Festo», в том числе фрагмент линии MPS, состоящей из 5 стендов, стенд для регулирования параметров жидкости «Процессная станция» и мобильный робот «Robotino».

Имелся квалифицированный персонал с опытом эксплуатации промышленных систем автоматизации производства Siemens, Mitsubishi Electric и др.

Кроме учебного оборудования «Festo» в вузе для дистанционного обучения было подготовлено несколько стендов на основе программно-аппаратных средств автоматизации других производителей с соответствующим учебно-методическим обеспечением. На базе PIC–контроллера разработан FUZZY–регулятор для учебного робота.

Работы на подготовительном этапе проекта включали разработку нового учебно-методического обеспечения с учетом его русификации и адаптации к требованиям образовательных программ стран – участников проекта.

При разработке учебно-методического обеспечения для максимально эффективного использования дорогостоящих стендов разработано двухуровневое учебно-методическое обеспечение с целью:

1. получения практических навыков работы на стендах и программирования контроллеров;
2. решения исследовательских задач.

Для реализации задач 1-го уровня разработано учебно-методическое обеспечение по 18 лабораторным работам для процессной станции, станций переноса и сборки с роботом, а также мобильного робота Robotino.

Для тех же станций разработано учебно-методическое обеспечение 2 уровня по 12 лабораторным работам. Это методическое обеспечение, а также SCADA-система WinCC позволяют дистанционно выполнять курсовые проекты и лабораторные работы в области динамики САР давления, расхода, температуры и уровня жидкости на базе стенда «Процессная станция», при этом изучаются принципы и методы построения интегрированных иерархических систем управления, контроля, регулирования, настройки-наладки технологических объектов с реально управляемыми и наблюдаемыми физическими координатами: уровнем, расходом, давлением, температурой жидкости.

Очень важно, что одни и те же стенды применены для обучения в бакалавриате и магистратуре.

На подготовительном этапе была создана междуниверситетская Интернет–сеть, к которой были подключены станции линии MPS.

На следующем этапе в тестовом режиме совместно с МЭИ и ОмГТУ в сети Интернет отработаны технологии выполнения лабораторных работ по станции сортировки, входящей в состав линии MPS в КарГТУ. Всего в проекте были задействованы 5 станций, имеющихся в КарГТУ: буферная станция, станция сборки с роботом, распределительная станция, станция сортировки и станция переноса.

Технологии выполнения лабораторных работ в сети реализованы как с использованием программных визуальных имитаторов «Cosimir» как на типовых стендах MPS, так и на уникальных стендах, разработанных МЭИ на основе комплектующих «Festo».

Лабораторные работы выполнялись в режимах «off-line» и «on-line». Проведены сетевые тестовые занятия по практическим и лабораторным работам, организована сетевая пробная сессия, в рамках которой каждый вуз – участник проекта прочитал курс лекций в интерактивном режиме. Был обеспечен приборный контроль лабораторных работ и визуальный доступ к стендам во время выполнения работ.

В КарГТУ на этапе отработки технологий разработаны принципы дистанционного обучения на базе мобильного робота Robotino. Обычно в зарубежных университетах приобретает минимум два Robotino, студенты в

процессе обучения получают навыки программирования роботов, и затем с их использованием устраиваются очные соревнования между командами вузов. Однако для реализации таких проектов требуются значительные финансовые вложения, которыми вузы стран СНГ не располагают.

Разработана технология, позволяющая применять игровые принципы обучения в режиме дистанционного доступа, а также в этом же режиме проводить заочные соревнования участников проекта с использованием одного Robotino.

На этом же этапе параллельно с отработкой технологий Интернет–обучения были выполнены следующие работы:

- отработана технология двудипломного образования в магистратуре по программе «Double degree» (МЭИ – КарГТУ) и в 2011 г. выпущен 1 магистр;
- разработано и размещено на общей платформе соответствующее учебно-методическое обеспечение;
- созданы собственные дополнительные электронные обучающие ресурсы (включая видео-лекции, презентации, методические указания).

Завершением этапа для КарГТУ явилось оборудование аудитории и передача оборудования компанией ТЦИ для трансляции лекций.

Этап организации и обеспечения регулярного учебного процесса начался с проведения совместной сессии и отработки сетевых технологий чтения лекций в интерактивном режиме одновременно для магистрантов 5 вузов.

Выполненный объем работ позволил, начиная с осеннего семестра 2012–13 уч. года, запланировать регулярное обучение в международной магистратуре в сетке расписания в течение трех семестров в рамках модулей, подготовленных вузами–партнерами. Обучение продолжается и в настоящее время. За этот период профессорами и доцентами МЭИ, ОмГТУ и КарГТУ в сетевом режиме прочитано 13 курсов лекций.

По итогам совещания по проекту «Синергия» в г. Задар, Хорватия (октябрь 2015 г.) с участниками проекта «Синергия» принято решение о разработке и реализации в весеннем семестре 2016 г. нового 4-х модульного совместного междуниверситетского курса, который в Интернет–режиме в весеннем семестре 2015-2016 учебного года прочитан преподавателями МЭИ, СПбПУ, КарГТУ и ОмГТУ. Организованы стажировки преподавателей и магистрантов в Венском технологическом университете, МЭИ, БГТУ, ОмГТУ, СПбПУ.

На основании договора между TCI–Festo и КарГТУ организован Республиканский Центр «КарГТУ – Фесто – Синергия».

В процессе реализации проекта развились и появились новые формы сотрудничества между вузами – участниками проекта, в том числе взаимодействие с ДАААМ с ежегодным участием в симпозиумах и публикациями докладов в журналах издательства Elsevier; стажировки магистрантов (КарГТУ – МЭИ; КарГТУ – ОмГТУ; КарГТУ – БГТУ, КарГТУ – СПбПУ); повышение квалификации ППС в СПбПУ; научные стажировки магистрантов и докторантов PhD в ОмГТУ, БГТУ, СПбПУ; участие студентов, магистрантов, докторантов PhD и ППС в ежегодных Интернет–конференциях на базе ОмГТУ; участие в Интернет–предзащитах кандидатских диссертаций в

БГТУ; ежегодная презентация лучших магистерских диссертаций по Интернету; участие в регулярных Интернет-совещаниях по проекту; регулярное опубликование материалов по проекту в республиканском научно-техническом журнале Казахстана «Автоматика. Информатика».

Перспективным направлением развития сетевых технологий на основе проекта для вузов Казахстана является реализация Интернет-технологий по следующим видам образовательной и научной деятельности:

- академическая мобильность и академический обмен студентов и магистрантов в течение одного и более академических периодов;
- академическая мобильность и академический обмен преподавателей;
- модульное обучение в течение нескольких академических периодов в вузах–партнерах;
- свободный выбор студентами модулей других вузов;
- обеспечение принципов свободной записи на модуль (дисциплину);
- повышение квалификации преподавателей в лучших вузах;
- реализация сетевых технологий двудипломного образования на основе использования дистанционных методов обучения, отработанных в проекте;
- совместная подготовка научно-педагогических кадров в докторантуре PhD на основе Интернет-технологий в вузах–партнерах (образовательная составляющая докторантуры, научные консультации, соуправление докторантами);
- реализация совместных научно-технических проектов с вузами–партнерами;
- разработка сетевых технологий дистанционной защиты дипломов в объединенных ГАК.

В настоящее время идет процесс расширения количества вузов – участников проекта, в связи с чем ведутся переговоры по расширению сети казахстанских вузов, участвующих в проекте «Синергия».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, международный научно-образовательный проект «Синергия» открывает перспективы перехода системы высшего и послевузовского технического образования России и Казахстана на новый более качественный уровень.

Следует отметить, что несмотря на сложности развития, связанные с недостаточным финансовым обеспечением, организационными проблемами, идеи создания объединенного педагогического коллектива и объединенных лабораторий для подготовки специалистов для передовых компаний, лежащие в основе создания проекта «Синергия», постепенно обретают реальные очертания.



Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

SUPPORT AND LEARNING FUNCTIONS OF THE INTELLIGENT ADVISER MODULE

Damir Haskovic, Branko Katalinic, Ilija Zec

Intelligent Manufacturing Systems Department
Vienna University of Technology
Karlsplatz 13/311
1040 Vienna, Austria
haskovic.damir@gmail.com

Abstract

The efficiency of the Bionic Assembly System depends on the limited ability of the system operator to reach quality decisions in good time. Good time means that a machine does not wait for a decision. Main goal is to achieve minimum lost machine time. Working scenarios are executed as a continuous stream of one or more parallel assembly orders. One assembly order means to assemble one run of product. There is always a difference between planned and realized working scenarios. Small differences are compensated by the automatic control system. If the difference is increasing beyond the automatic control system's ability to compensate it, the system operator is asked to actively bring the system to normal working mode. If the system states are far away from normal working conditions, the system operator needs support. Intelligent Adviser Module is introduced as a support software used to help the system operator to reach higher quality decisions in good time. Past and current system states are represented through large amounts of recorded data. This data includes performance from system components and completion status of assembly orders. The Intelligent Adviser Module utilizes artificial intelligence through its support and learning capabilities to analyse this data and find patterns and make predictions. Support function is modelled using the Clips programming tool and the learning function is modelled using the Weka and Orange data mining software packages. The outputs from the Intelligent

Adviser Module are proposals which serve as a decision support for the system operator. Results show that the use of the Intelligent Adviser Module significantly reduces the decision making time and / or increases the quality of reached decisions. Based on these results, the implementation of the Intelligent Adviser Module presents a promising direction in the development of modern assembly systems.



Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ОЦЕНКА ТОЧЕК КОМПЛЕКСНОЙ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ТЕСТИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Колосов О.С., Баларев Д.А., Горбикова Е.С., Сахарова А.В.

Кафедра УиИ
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Красноказарменная улица, 14
111250 Москва, Россия
kolosovos@mpei.ru

Реферат

В докладе рассматривается задача периодической идентификации динамического объекта одиночным тестирующим импульсом на фиксированном интервале наблюдения. В работе анализируются разложения в ряд Фурье наблюдаемого сигнала на выходе объекта и сигнала на его входе на интервале наблюдения. Показывается, что отношения амплитуд гармоник с одинаковыми номерами выходного и входного сигналов с определенной точностью могут свидетельствовать о координатах соответствующих точек комплексной частотной характеристики объекта. Эта точность напрямую зависит от интервала наблюдения и инерционных свойств объекта. Преимуществом такого подхода является его хорошая помехозащищенность, а также относительно невысокое время, отводимое на идентификацию. Находятся условия, накладываемые на длительность наблюдаемого переходного процесса на выходе динамического объекта при заданных параметрах тестирующего импульса, которые позволяют с необходимой точностью оценить координаты точек комплексной частотной характеристики промышленного объекта и произвести адаптацию настроек регулятора.

ВВЕДЕНИЕ

Идентификация параметров промышленного объекта по результатам активного эксперимента является хорошо проработанной на практике технической процедурой [1,2]. При этом чаще всего используются два вида тестирующих сигналов. Это либо ступенчатый сигнал, реакция объекта на который в виде разгонной характеристики подвергается дальнейшей обработке, либо серия гармонических сигналов различной амплитуды и частоты, с помощью которых оцениваются отдельные точки комплексной частотной характеристики (КЧХ) объекта. Результатом такой идентификации обычно является аппроксимирующая (упрощенная) передаточная функция объекта в виде возможного последовательного соединения звена запаздывания, одного, двух или иногда нескольких апериодических звеньев.

В силу того, что реальный объект, в общем виде, не является линейным во всем диапазоне входных воздействий, то получаемая в результате передаточная функция отражает его свойства только в окрестности некоторого рабочего режима. Параметры этого режима могут со временем меняться, и, соответственно, будут меняться параметры передаточной функции, по отношению к тем, которые были определены первоначально. Данное обстоятельство учитывается в алгоритмах работы современных адаптивных регуляторов [3,4,5], которые периодически осуществляют подстройку своих параметров в зависимости от изменения параметров передаточной функции объекта. При этом оценка изменения параметров передаточной функции объекта оценивается адаптивным регулятором по изменению координат нескольких характерных точек КЧХ объекта. Координаты этих точек в соответствии с методикой [4,5] позволяют произвести подстройку параметров регулятора. В соответствии с этой методикой адаптивный регулятор периодически добавляет к управляющему сигналу работающей замкнутой системы тестовые гармонические сигналы определенной частоты и амплитуды и анализирует отклик объекта на эти сигналы. Количество таких сигналов, их амплитуда и длительность определяются параметрами передаточной функции объекта, а также уровнем и спектром помех в сигнале отклика объекта.

Существенным недостатком подобного метода идентификации параметров работающего в составе системы объекта является относительно большое время, отводимое на сам процесс идентификации, обусловленное необходимостью выжидания окончания переходных процессов и учета влияния аддитивных помех. Фактически подобная идентификация приводит к дополнительному зашумлению сигнала

управления и, естественно, влияет на ход технологического процесса. Использование разгонных характеристик в практике оценки изменений параметров работающего объекта, несмотря на достаточную точность применяемых интегрально-модуляционных методов обработки [6,7], плохо подходит для объектов без самовыравнивания и в замкнутых функционирующих системах. Особенно в условиях действия помех.

В связи с этим представляет интерес процесс идентификации, использующий импульсное тестирующее воздействие. В этом случае длительность процесса идентификации связывается с длительностью тестирующего импульса и длительностью окончания переходного процесса после снятия тестирующего сигнала. Длительность наблюдаемого переходного процесса зависит также и от амплитуды тестирующего импульса и уровня аддитивных помех. Если далее воспользоваться разложениями в ряд Фурье наблюдаемого сигнала на выходе объекта и сигнала на его входе на интервале наблюдения, то сопоставление параметров гармоник разложений с одинаковыми номерами с определенной точностью могут свидетельствовать о координатах соответствующих точек КЧХ объекта. Эта точность напрямую зависит от интервала наблюдения и инерционных свойств объекта. Преимуществом такого подхода является его хорошая помехозащищенность, так как разложение в ряд Фурье это интегральное преобразование, а также относительно невысокое время, отводимое на идентификацию.

Все перечисленные выше вопросы, связанные с особенностями идентификации динамического объекта одиночным тестирующим импульсом на фиксированном интервале наблюдения являются предметом рассмотрения данной работы.

ОЦЕНКА ТОЧЕК КЧХ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ТЕСТИРУЮЩЕМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Разложение в ряд Фурье одиночного импульса на заданном интервале наблюдения

Одиночный импульс на заданном интервале наблюдения T для разложения в ряд Фурье можно заменить разложением импульсной последовательности $f(t)$ с периодом следования импульсов равным интервалу наблюдения T . Вид такой последовательности показан на рисунке 1. Функция $f(t)$ может быть представлена в виде ряда Фурье:

$$f(t) = b_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \sin n\omega t) + \sum_{n=1}^{\infty} (b_n \cos n\omega t),$$

где коэффициенты ряда Фурье a_n , b_n , b_0 определяются по известным соотношениям (постоянная составляющая b_0 далее в анализе не участвует):

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(n\omega t) dt ; b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(n\omega t) dt ; b_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (1)$$

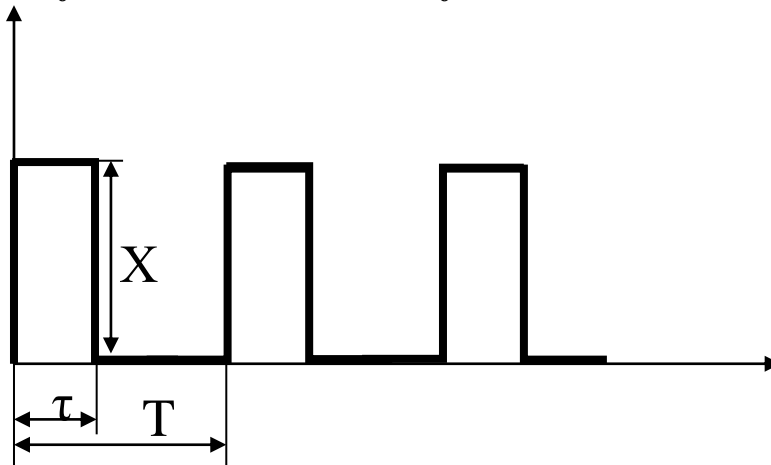


Рисунок 1. Анализируемая последовательность импульсов

Амплитуды гармоник ряда с использованием (1) определяются как:

$$c_{n\text{вх}} = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} = \frac{2X}{n\pi} |\sin n\pi\gamma|, \quad \text{где } \gamma = \frac{\tau}{T} \quad (2)$$

Отметим, что в разложении (2) есть номера гармоник нулевыми амплитудами, когда $n\gamma = 1, 2, 3 \dots$ Это обстоятельство необходимо учитывать, варьируя интервал наблюдения T , если необходимо исследовать окрестности частот, куда попадают эти гармоники.

Разложение в ряд Фурье реакции линейного объекта на одиночный тестирующий импульс и оценка точек КЧХ объекта.

Будем считать, что линейный объект описывается передаточной функцией, корни знаменателя которой действительные и отрицательные. Нули числителя также действительные, но распределение их на действительной оси не оговаривается. Несложно показать с помощью теории вычетов, что подобный объект может быть представлен параллельно включенными апериодическими и реальными дифференцирующими звеньями первого порядка. Число таких звеньев будет равно числу корней знаменателя передаточной функции объекта. Таким образом, реакция такого объекта на одиночный тестирующий импульс будет складываться из суммы реакций на этот импульс апериодических и реальных дифференцирующих звеньев. В связи с этим

рассмотрим разложение в ряд Фурье реакции этих звеньев на одиночный тестирующий импульс.

Разложение в ряд Фурье реакции апериодического звена на одиночный тестирующий импульс и оценка точек КЧХ звена.

Апериодическое звено описывается уравнением

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = Kx,$$

где x – входной сигнал, y – выходной сигнал, T_0 и K – соответственно, постоянная времени и коэффициент передачи звена. КЧХ такого звена определяется амплитудно- и фазо-частотными характеристиками:

$$|W(j\omega)| = A(\omega) = \frac{K}{\sqrt{1 + (\omega T_0)^2}}; \quad \varphi(\omega) = -\arctg \omega T_0; \quad (3)$$

Реакция апериодического звена на одиночный тестирующий импульс показана на рисунке 2 и описывается соотношениями (4).

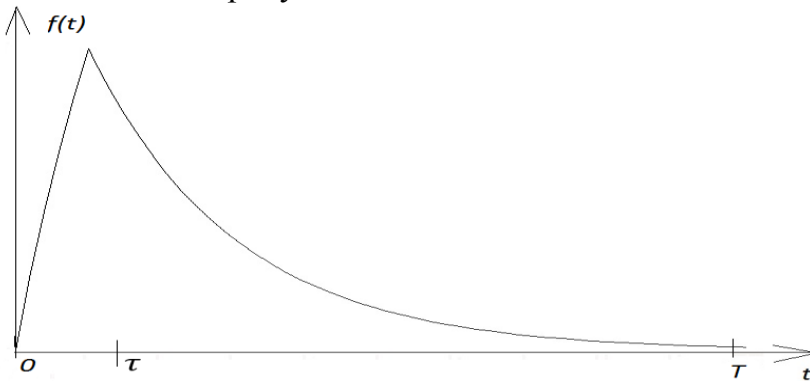


Рисунок 2. Реакция апериодического звена на одиночный тестирующий импульс

$$f(t) = \begin{cases} \text{ХК}(1 - e^{-\beta t}), & 0 \leq t \leq \tau \\ \text{ХК}(1 - e^{-\beta t}) - \text{ХК}(1 - e^{-\beta(t-\tau)}), & \tau \leq t \leq T \end{cases} \quad (4)$$

Воспользовавшись (2), определяем коэффициенты разложения в ряд Фурье сигнала (4):

$$a_{n\text{ВЫХ}} = \frac{\text{ХК}}{\pi} \left((1 - \cos x_1) + \frac{1}{1 + \alpha^2} ((\cos x_1 + \alpha \sin x_1) - 1 - ke^{-\alpha x_2}) \right), \quad (5)$$

$$b_{n\text{ВЫХ}} = \frac{\text{ХК}}{\pi} \left(\sin x_1 + \frac{1}{1 + \alpha^2} (\alpha \cos x_1 - \sin x_1 - \alpha - \alpha ke^{-\alpha x_2}) \right), \quad (6)$$

где $n\omega = \Omega$; $\frac{\beta}{\Omega} = \alpha$. $\Omega\tau = x_1$; $\Omega T = x_2$, $k = (e^{\alpha x_1} - 1)$

Отметим, что в (5) и (6) последние слагаемые, зависящие от x_2 , при $T \rightarrow \infty$ стремятся к 0. В этом случае расчет модуля гармоник в разложении выходного сигнала (4) приводит к соотношению:

$$c_{n\text{ВЫХ}} = \frac{XK}{\pi} \frac{\alpha}{\sqrt{1+\alpha^2}} 2 \sin \frac{x_1}{2}, \text{ где } \frac{\alpha}{\sqrt{1+\alpha^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega T_0)^2}} \quad (7)$$

Отношения амплитуд гармоник с одинаковыми номерами выходного сигнала (7) к входному (2) дают точное значение модуля КЧХ апериодического звена на частотах, связанных однозначно с номерами гармоники. Аналогичный результат получается при оценке фазо-частотной характеристики звена с использованием (5) и (6).

Теоретически при тестировании апериодического звена одиночным импульсом экспоненты выходного сигнала с увеличением времени наблюдения T только стремятся к нулю, но его значения не достигают. Поэтому при определении точек КЧХ с использованием (5) и (6) неизбежно появление погрешности в оценке модуля и фазы вектора КЧХ на комплексной плоскости. Эту погрешность вносят последние слагаемые в (5) и (6). Вместе с тем абсолютные значения этих погрешностей зависят только от величины отношения $\frac{T}{T_0}$. Если это отношение оказывается

больше 10, то, например, при $\gamma = 0.1$, как показывают расчеты, для первых 30 гармоник погрешность в оценке модуля гармоник не превышает 0.3%. Исключения составляют гармоники с номерами, подчиняющиеся равенству $n\gamma = 1, 2, 3 \dots$. На рисунке 3 представлен изменение погрешности в определении модуля передаточной функции апериодического звена при $T_0 = 0.1\text{с}; T = 1\text{с}; K = 1$ для первых тридцати гармоник.



Рисунок 3. Зависимость погрешности от номера гармоники

Погрешности для 20 и 30 гармоник на рисунке 3 не показаны, так как они на два порядка превышают остальные. Погрешность для 10 гармоник так же значительно превышает погрешности для соседних гармоник. В данном примере гармоники входного сигнала X рассчитывались не по соотношению (2), а численными методами по (1) и поэтому значения гармоник входного сигнала для указанных частот оказываются отличными от нуля..

Разложение в ряд Фурье реакции реального дифференцирующего звена на одиночный тестирующий импульс и оценка точек КЧХ звена.

Реальное дифференцирующее звено описывается уравнением

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = K \frac{dx}{dt},$$

где x – входной сигнал, y – выходной сигнал, T_0 и K – соответственно, постоянная времени и коэффициент передачи звена. КЧХ такого звена определяется амплитудно- и фазо-частотными характеристиками:

$$|W(j\omega)| = A(\omega) = \frac{K\omega}{\sqrt{1 + (\omega T_0)^2}}; \quad \varphi(\omega) = \pi/2 - \text{arctg } \omega T_0; \quad (8)$$

Анализируя реакцию такого звена на тестирующий одиночный импульс и далее проводя ее разложение в ряд Фурье, получаем составляющие a_n вых и b_n вых подобные тем, которые были получены для реакции на выходе апериодического звена. Интересно, то что эти выражения при $T \rightarrow \infty$ также позволяют точно оценить КЧХ реального дифференцирующего звена, а при конечных значениях T погрешность определяют точно такие же слагаемые, зависящие от x_2 , что и в выражениях (5) и (6). Таким образом, все результаты, полученные выше для апериодического звена, оказываются справедливыми и для реального дифференцирующего звена.

Оценка точек КЧХ Линейного объекта

Учитывая, что линейный объект с действительными и отрицательными корнями характеристического уравнения может быть представлен в виде параллельного соединения апериодических и реальных дифференцирующих звеньев, то его реакция на одиночный тестирующий импульс содержит алгебраическую сумму реакций каждого звена структуры. При этом вносимые погрешности в оценку точек КЧХ возрастают. Однако эти погрешности в итоге целиком определяются степенью затухания переходного процесса на выходе объекта после снятия тестирующего импульса в конце интервала наблюдения, ограниченного выбранным временем T .

Наличие транспортного запаздывания в структуре объекта не препятствует оценке положений точек КЧХ с помощью соотношений (1).

Выбор параметров одиночного тестирующего импульса и интервала наблюдения

Основными параметрами одиночного тестирующего импульса являются его амплитуда X и длительность t . Кроме этих двух параметров необходимо также задаться величиной интервала наблюдения T . Указанные параметры необходимо «увязывать» с предварительной (грубой) оценкой длительности переходного процесса на выходе объекта от действия скачка или импульса на входе, а также с уровнем аддитивного шума (СКО) на выходе. Эти два параметра позволяют оценить минимальное время наблюдения. Амплитуда импульса и его длительность выбирают так, чтобы все процессы оставались в линейной зоне статической характеристики объекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований, представленные в работе, показывают возможность оценки изменений положения определенных точек КЧХ динамического объекта при использовании одиночного тестирующего импульса для целей коррекции настроек адаптивного регулятора системы.

ССЫЛКИ

- [1] Дудников Е.Г. Основы автоматического регулирования тепловых процессов. М.-Л.:ГЭИ. 1956.
- [2] Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – М.:Издательство МЭИ. 2004.
- [3] Ротач В.Я. Адаптация систем управления при совместном использовании точечных и интервальных алгоритмов. // Автоматизация в промышленности. – 2008. - №12. С.16-19.
- [4] Ротач В.Я., Кузицин В.Ф., Петров С.В. Алгоритмы и программы расчета настройки ПИ и ПИД-регуляторов по переходным характеристикам системы. // Автоматизация в промышленности. – 2009. - №12. – С.12-16.
- [5] Мазуров В.М., Литюга А.В., Синцын А.В. Развитие технологий адаптивного управления в SCADA системе TRACE MODE // Приборы и системы управления, контроль, диагностика. – 2002. - №1. С. 17-22
- [6] Аязян Г.К. Определение параметров модели методом площадей Симою. Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2005
- [7] Анисимов Д.Н. Идентификация линейных динамических объектов методом экспоненциальной модуляции // Вестник МЭИ. 1994. № 2. С. 68-72.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

МЕТОД ОБРАБОТКИ ГИБКИХ ДЕТАЛЕЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ МНОГОЗВЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ, ОСНАЩАЕМЫХ СИСТЕМАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Владимир Филаретов, Дмитрий Юхимец, Александр Зуев,
Антон Губанков

Кафедра автоматизации и управления
Дальневосточный федеральный университет
Суханова, 8
690950 Владивосток, Россия
e-mail: zuev@dvo.ru

Реферат

В докладе представлен новый подход к точной обработке гибких деталей с помощью многозвенных манипуляторов (ММ), оснащаемых системами технического зрения (СТЗ), который предполагает: 1) простую и быструю фиксацию гибкой детали в универсальной оснастке с возможной деформацией ее геометрической формы; 2) сканирование закрепленной детали с помощью СТЗ; 3) совмещение эталонной САД-модели детали с ее моделью, полученной после сканирования, для точного определения мест механической обработки; 4) автоматическое формирование траекторий движения рабочего инструмента ММ. Для реализации этого подхода в докладе разработан метод точного совмещения трехмерных САД-моделей деталей с моделями, полученными после их закрепления с деформацией.

Рассмотрен модельный пример, иллюстрирующий эффективность метода совмещения трехмерных моделей и предложенного подхода в целом.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в машиностроительном производстве растет использование ММ для выполнения операций обработки различных деталей со сложной конфигурацией. Известные технологии роботизированной механической обработки изделий применимы в случаях их точной и жесткой фиксации в рабочей зоне ММ [1]. Однако реальное использование этих технологий при большой номенклатуре выпускаемых нежестких деталей (современное авиа-, ракето-, кораблестроение и др.) в условиях мелкосерийного производства связано с большими временными и финансовыми затратами, поскольку требует дополнительной разработки и изготовления вспомогательной индивидуальной оснастки. Стоимость этой оснастки резко возрастает с увеличением габаритов нежестких деталей, которые в процессе фиксации даже в специальных кондукторах могут непредсказуемо деформироваться. В результате требуются дополнительные затраты на доработку и корректировку управляющих программ ММ, препятствующие широкому внедрению роботизированных технологий в современное машиностроительное производство [2].

В этом докладе представлен новый подход к точной обработке гибких деталей с помощью ММ, оснащаемых СТЗ. Этот подход предполагает 1) простую и быструю фиксацию гибкой детали в простой универсальной оснастке с возможной деформацией ее геометрической формы; 2) сканирование закрепленной детали с помощью СТЗ; 3) совмещение эталонной САД-модели детали с ее моделью, полученной после сканирования, для точного определения мест механической обработки; 4) автоматическое формирование траекторий движения рабочего инструмента ММ.

Для эффективной реализации предложенного подхода в докладе разработан метод точного совмещения трехмерных САД-моделей деформируемых деталей с моделями, полученными после их закрепления в оснастке и сканирования. Этот метод предполагает предварительное описание исходных САД-моделей деталей в виде специально уплотняемых облаков точек. Затем с помощью известного алгоритма ИСР выполняется последовательное итеративное совмещение заранее неизвестных недеформированных участков моделей закрепленных деталей с соответствующими участками их САД – моделей путем отбрасывания пар наиболее удаленных друг от друга точек. И наконец, совмещение деформированных участков этих деталей с использованием отброшенных пар точек облаков.

ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА СОВМЕЩЕНИЯ ДВУХ ОБЛАКОВ ТОЧЕК БЕЗ ДЕФОРМАЦИИ ЗАКРЕПЛЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Облако точек отсканированной обрабатываемой детали, полученное от СТЗ, задается в системе координат ММ. Для генерации облака точек из эталонной САД – модели детали ее необходимо преобразовать из исходного формата в полигональную трехмерную модель формата VRML (Virtual Reality Modeling Language). Эта модель - текстовый файл представляется совокупностью сегментов (поверхностей), описываемых набором треугольников, и содержит координаты всех вершин этих треугольников. Совокупность всех вершин треугольников, составляющих трехмерную модель детали, является облаком точек, описывающим эту деталь.

Очевидно, что получаемое таким образом облако точек будет «разреженным». Его точки сосредоточены на изгибах модели и отсутствуют на более плоских участках. Это приводит к тому, что два казанных облака точек, будут совмещаться с большими погрешностями. Для уменьшения этих погрешностей необходимо уплотнить облако точек, полученное из эталонной САД - модели. Для этого в каждом треугольнике, входящем в САД - модель, в зависимости от его площади генерируются дополнительные точки [2]. В результате формируемое облако точек преобразуется в уплотненное облако точек \mathbf{D} , описывающее САД – модель детали. Это облако далее можно совмещать с облаком точек \mathbf{M} , полученным с помощью СТЗ и описывающим трехмерную модель детали. Это совмещение реализуется с помощью матрицы поворота $\mathbf{R}_{CP} \in R^{3 \times 3}$ и вектора смещения $\mathbf{t}_{CP} \in R^{3 \times 1}$, которые обеспечивают максимальное совпадение двух указанных облаков точек.

В настоящее время наиболее универсальным алгоритмом совмещения двух трехмерных моделей, представленных в виде облаков точек, является итеративный алгоритм ICP (Iterative Closest Points) поиска ближайших точек. Математически задачу совмещения двух облаков точек с помощью этого алгоритма можно сформулировать в виде [3]:

$$E(a, \mathbf{D}, \mathbf{M}) = \frac{1}{N_d} \sum_{i=1}^{N_d} c_i, \quad a^* = \arg \min_a E(T(a, \mathbf{D}), \mathbf{M}), \quad (1)$$

где E – среднеквадратическая ошибка совмещения облаков точек; $c_i = \|d_i - m_j\|^2$ - квадрат расстояний между парами ближайших точек из облаков \mathbf{D} и \mathbf{M} ; $d_i \in \mathbf{D}$, $i=(1, N_d)$ и $m_j \in \mathbf{M}$, $j=(1, N_m)$ – ближайшие точки из облаков \mathbf{D} и \mathbf{M} , соответственно; N_d , N_m - количество точек в облаках \mathbf{D} и \mathbf{M} , соответственно, которое может быть различным; $T(a, \mathbf{D})$ – функция

трансформации облака точек D в облако точек M ; a – параметр функции трансформации; a^* – оптимальный параметр функции трансформации, который минимизирует функционал (1). Поскольку передвигаемым облаком является облако D , то количество пар ближайших точек будет равно N_d .

Таким образом, задача (1) совмещения двух облаков точек формулируется как задача минимизации среднеквадратичного расстояния между парами ближайших точек этих облаков. При этом в параметр a функции T входят элементы матрицы R_{CP} и вектора t_{CP} .

Рассмотренный выше алгоритм позволяют относительно легко и точно совмещать трехмерные модели отсканированных деталей с их эталонными САД-моделями, если при фиксации этих деталей не происходит деформаций. Но, если она присутствует, то качество этого совмещения значительно снижается. Поэтому следует разработать новый метод совмещения двух сформированных облаков точек, который был бы эффективен и при произвольных значительных деформациях деталей во время их закрепления.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СОВМЕЩЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ С ИХ САД-МОДЕЛЯМИ ПРИ НАЛИЧИИ ДЕФОРМАЦИЙ

При совмещении облака деформируемой детали с облаком эталонной САД-модели с помощью типового алгоритма ИСР среднеквадратичное отклонение всех пар ближайших точек облаков может оставаться в допустимых пределах, а расстояния между некоторыми точками моделей - значительно возрастать. Этот эффект удобно проиллюстрировать на примере совмещения двух линий, являющихся сечениями ортогональными плоскостями соответствующих моделей тонкостенных деталей (см. рис. 1).

На рис. 1а показаны две линии: 1 – исходная и 2 – деформированная. Причем линия детали 2, как правило, имеет как недеформированный, так и деформированный участки, граница между которыми обозначена точкой A . Совмещение этих линий с использованием типового алгоритма ИСР, при котором в целом происходит минимизация функционала (1), неминуемо приводит к некорректному совмещению указанных облаков и показано на рис. 1б. Из этого рисунка видно, что некоторые участки двух указанных линий значительно отделены друг от друга, что является недопустимым для обеспечения точного переноса мест предстоящей механической

обработки с САD – модели на закрепленную с деформацией деталь. Для обеспечения более точного совпадения всех участков этих линий (для более точного совмещения облаков, соответствующих всем участкам этих линий) вначале с помощью алгоритма ICP необходимо точно совместить недеформированные участки двух линий (см. рис. 1в).

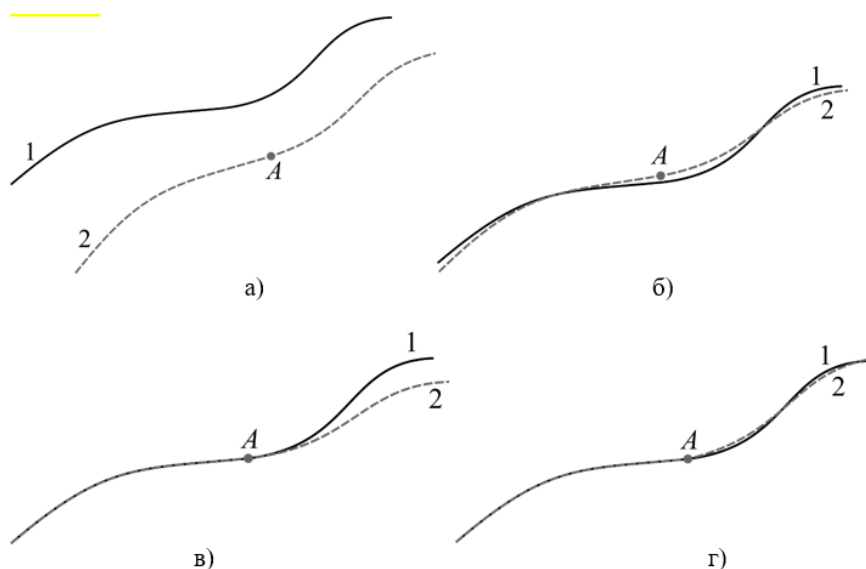


Рис. 1. Совмещение облаков точек линий при наличии деформаций некоторых их участков

Для совмещения двух облаков точек недеформированных участков деталей, следует учитывать только те пары точек, которые находятся на этих участках. В этом случае, применяя выражение (1), вместо N_d следует использовать $N_{dn} = \text{round}(N_d (1-\eta))$, которое соответствует количеству точек, соответствующих недеформированному участку модели; где η – доля пар ближайших точек с наибольшими расстояниями между ними (они находятся на деформированном участке), которые пока не учитываются при работе алгоритма ICP. Особенности определения N_{dn} будут пояснены ниже.

Алгоритм совмещения левых недеформированных участков линий (см. рис. 1в) включает несколько этапов (шагов) [2]:

1. Вначале для уменьшения количества возможных последующих итераций максимально сближаются геометрические центры облаков M и D . Для этого формируется новое облако D^* , координаты всех точек которого находятся по формуле: $d_i^* = d_i + \frac{1}{N_m} \sum_{j=1}^{N_m} m_j - \frac{1}{N_d} \sum_{i=1}^{N_d} d_i$, $i = \overline{(1, N_d)}$.

2) Обеспечивается предварительное совмещение двух указанных

облаков M и D^* точек с помощью стандартного алгоритма ИСР.

3) Если после предварительного совмещения облаков M и D^* выполняется неравенство $E > E_{\max}$, где E_{\max} - допустимая величина среднеквадратического отклонения, то в выражении (1) N_d заменяется на N_{dn} и совмещение этих облаков с помощью алгоритма ИСР повторяется уже с меньшим количеством пар ближайших точек.

4) Если после повторного совмещения по-прежнему выполняется неравенство $E > E_{\max}$, то процедура, указанная в предыдущем пункте, повторяется с возрастанием значения η на величину Δ : $\eta(k+1) = \eta(k) + \Delta$, где $k = 0, 1, 2 \dots$ - номер итерации использования алгоритма совмещения облаков точек.

Очередная итерация совмещения облаков начинается из положения, достигнутого на предыдущей итерации. Это уменьшает количество итераций алгоритма ИСР. Указанные выше действия повторяются до тех пор, пока не будет выполняться неравенство $E < E_{\max}$. Таким образом, предложенный алгоритм позволяет однозначно выявить участки детали, которые подверглись деформации при ее закреплении, и определить величины этой деформации, используя отброшенные при совмещении облаков пары точек.

Результаты точного совмещения двух недеформированных участков линий до точки A показаны на рис. 1в, но расстояния между соответствующими парами точек на правых участках этих линий становятся большими. Однако с помощью того же алгоритма ИСР, используя массив отброшенных пар точек, можно точно совместить облака и правых частей этих линий после точки A , не учитывая уже совмещенную левую часть. Результаты указанного более точного окончательного совмещения показаны на рис. 1г. Но, если совмещение правых участков двух линий из-за их очень больших деформаций окажется недостаточно точным, то эти участки (после точки A) можно разбить на несколько частей и совмещать их последовательно по уже описанному выше алгоритму.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СОВМЕЩЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Для проверки предложенного метода было проведено его исследование на модельном примере, в процессе которого проверялась точность совмещения эталонной САД - модели с моделью этой детали, имеющей деформации.

Внешний вид исходной САД - модели детали (черный цвет) и ее деформированной части (серый цвет) показан на рис. 2. Эти модели

преобразованы в облака, содержащие 191835 и 176093 точек, соответственно. Из рис. 2 видно, что правый край деформированной детали по сравнению с ее CAD - моделью отогнут внутрь. На рис. 3 показано исходное положение облаков точек, соответствующих CAD - модели (черные точки) и модели деформированной детали (серые точки).

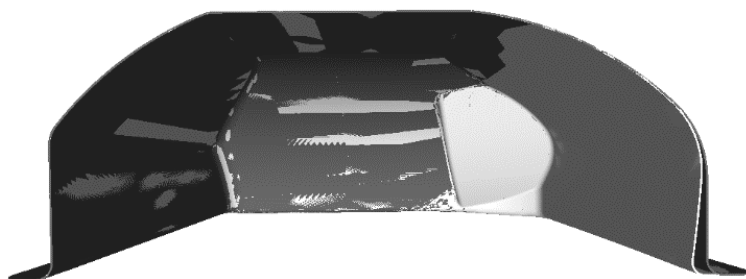


Рис. 2. Внешний вид исходной и деформированной частей модели

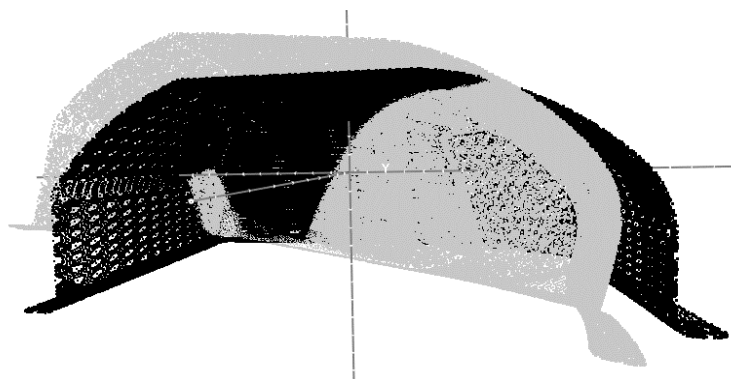


Рис.3. Исходное положение облаков точек перед их совмещением

На рис. 4 показаны результаты моделирования предложенного метода совмещения двух облаков точек. На этом рисунке черная сплошная линия показывает изменение величины E в процессе этого совмещения, черная точечная - среднее отклонение E_s между идентичными точками этих облаков, серая сплошная - величину η , а серая пунктирная – количество итераций N_{ICP} , выполняемых в процессе очередного шага совмещения. По оси абсцисс на этом рисунке отложен номер шага совмещения, а по оси ординат используются следующие масштабы: $E = scale \times 1 \text{ мм}^2$; $E_s = scale \times 1 \text{ мм}$; $\eta = scale$; $N_{ICP} = scale \times 100$. Из этого рисунка видно, что разработанный метод совмещения двух облаков точек обладает большой эффективностью. С его помощью уже на пятом шаге удается совместить указанные облака с точностью 0.1 мм, а на десятом – 0.044 мм.

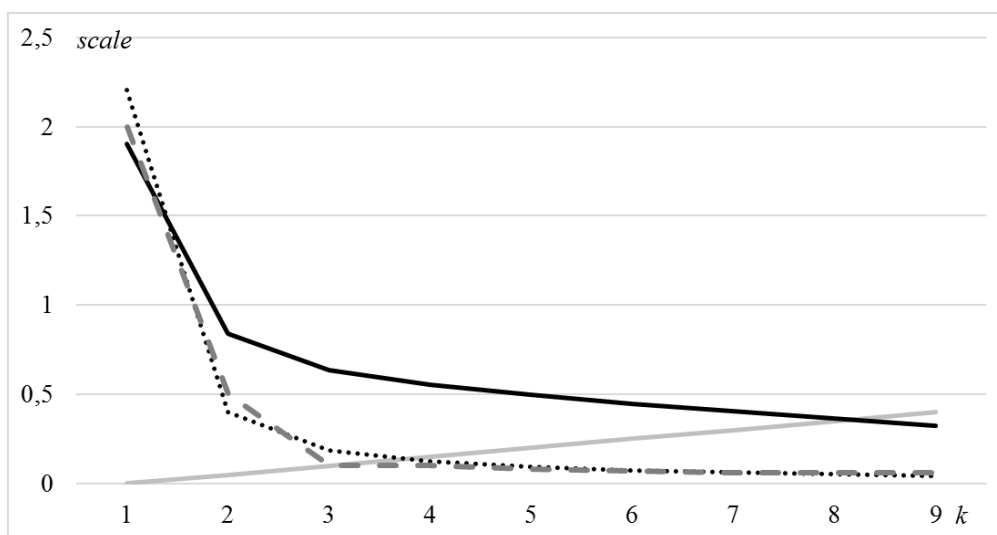


Рис. 4. Результат работы алгоритма совмещения облаков двух моделей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе представлен новый подход к точной обработке гибких деталей с помощью ММ, оснащаемых СТЗ. Для эффективной реализации предложенного подхода разработан новый метод точного совмещения трехмерных CAD-моделей деформируемых деталей с моделями, полученными после их закрепления в оснастке и сканирования.

Результаты моделирования показали, что предложенный метод позволяет обеспечить точное совмещение двух указанных облаков точек и, соответственно, точное определение мест предстоящей автоматической (с помощью ММ) механической обработки тонкостенных деталей произвольной формы с учетом заранее неизвестных деформаций, появившихся в процессе закрепления этих деталей.

Работа поддержана грантами РФФИ (16-29-04195, 16-07-00718, 16-07-00300, 16-38-00187), а также грантами президента РФ (МК-8536.2016.8, СП-620.2016.5).

ССЫЛКИ

- [1] С.Н. Григорьев, А.Г. Андреев, С.П. Ивановский, “Современное состояние и перспективы развития промышленной робототехники”, Мехатроника, автоматизация, управления, **1**, 30-34 (2013)
- [2] V. Filaretov, A. Zuev, D. Yukhimets, A. Gubankov, E.Mursalimov, “The Automatization Method of Processing of Flexible Parts without their Rigid Fixation”, Procedia Engineering, **100**, 4–13 (2015)
- [3] P. Besl, H. McKay, “A method for registration of 3-D shapes”, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, **14** (2), 239–256 (1992)



Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ «МЕРТВОГО» ОБЪЕМА ПОРШНЕВЫХ ПОЛОСТЕЙ БЕСШТОКОВОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА

Денис Шилин

Кафедра УиИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Красноказарменная улица, 14
111112 Москва, Россия
deninfo@mail.ru

Реферат

Цель работы заключается в исследовании «мертвого» объема поршневых полостей пневматического цилиндра для точного составления модели пневматического привода. В работе приводятся необходимые для реализации данного проекта на практике принципиальные схемы, графики, а также расчеты. Исполнительная часть предложенной автоматической системы управления выполнена на базе средств пневмоавтоматики высокого давления. Данные в цифровой формат преобразовывает измерительный комплекс Spider8.

ВВЕДЕНИЕ

«Мертвым» объемом называют минимальный объем рабочей полости цилиндра при положении поршня в мертвой точке. Другими словами, «мертвый» объем - это объем газа, который не может быть вытеснен из цилиндра поршнем. «Мертвый» объем состоит из объема цилиндра в зазоре между поршнем и крышкой цилиндра, объемов в каналах, которые служат для сообщения полости цилиндра с запорными элементами клапанов («мертвый» объем в клапанах), и объемов различных пустот,

каналов и выемок в поршне и в цилиндре (дополнительный «мертвый» объем). Практически величина вредного объема цилиндрической полости может быть определена замером количества воды или масла, которое необходимо для заполнения полости цилиндра при положении поршня в ближайшей мертвой точке. Линейный «мертвый» объем обусловлен тем, что поршень компрессора не может вплотную подойти к крышке цилиндра. По целому ряду причин необходимо иметь зазор между поршнем, находящимся в мертвой точке, и крышкой цилиндра. Допустимые по техническим условиям отклонения размеров деталей механизма движения, поршня и штока позволяют фиксировать положение поршня в мертвых точках лишь с определенным отклонением. Кроме того, линейный «мертвый» объем предназначен для предотвращения удара поршня о крышку в случае температурных деформаций деталей механизма движения, штока и поршня, а также для компенсации зазоров в подвижных соединениях механизма движения[1][2].

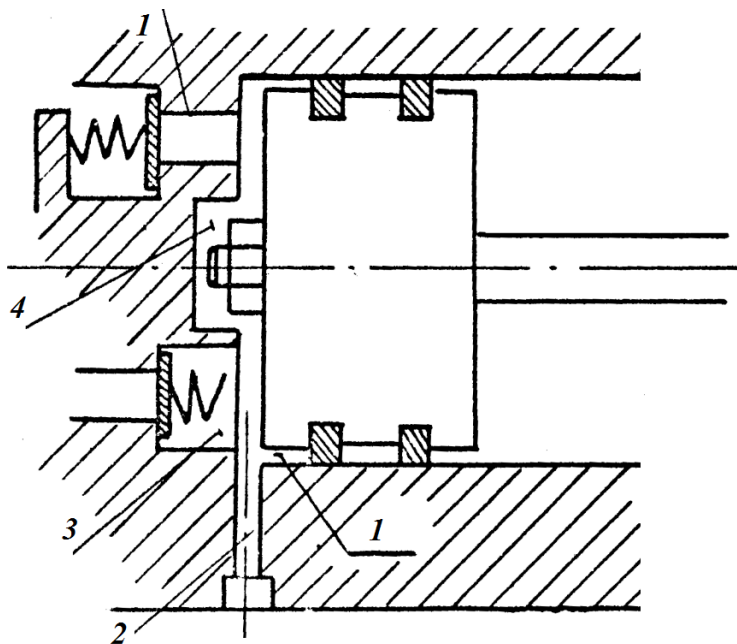


Рис. 1. Составляющие вредного пространства

На рис. 1 показаны «мертвые» объемы в клапанах и дополнительные «мертвые» объемы:

1. Объем между поршнем и цилиндром (до первого поршневого кольца);
2. Объем индикаторного канала (канала, через который можно производить замеры в рабочей полости цилиндра);

3. «Мертвый» объем во всасывающих клапанах;
4. Не вытесненный объем газа в кармане под гайку, крепящую поршень;

Исследование «мертвого» объема поршневых полостей пневмоагрегата осуществляется с целью их определения для точного составления модели пневматического цилиндра.

В технической документации пневматических цилиндров отсутствует информация, касающаяся «мертвого» объема полостей цилиндра. Для их нахождения требуется проводить экспериментальные измерения. Расчет «мертвых» объемов полостей на основе чертежей пневматического цилиндра не является оптимальным методом, так как к технической документации они не прилагаются. В технической документации приводятся только монтажные чертежи. Также следует отметить, что на практике эффективный ход цилиндра отличается от номинального. Уменьшение эффективного хода связано с наличием дополнительных демпфирующих элементов в конце хода цилиндра, таких как гидравлические и резиновые демпферы. Монтаж демпферов на корпус цилиндра приводит к уменьшению его эффективного хода и увеличению «мертвых» объемов поршневых полостей.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ «МЕРТВОГО» ОБЪЕМА В БЕСШТОКОВОМ ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ЦИЛИНДРЕ

Поскольку бесштоковый пневматический цилиндр имеет две поршневые полости, обозначим их соответственно как полости 1 и 2 (Рис. 2). Исследование «мертвого» объема полостей пневматического цилиндра осуществляется путем измерения расхода сжатого воздуха в единицу времени при заполнении полости цилиндра.

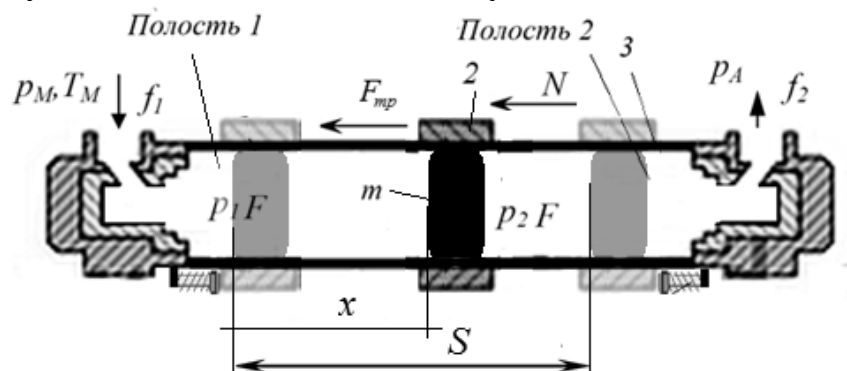


Рис. 2 Упрощенная расчетная схема бесштокового пневмоцилиндра

Принципиальная пневматическая схема исследовательского стенда по измерению «мертвого» объема поршневой полости 1 бесштокового пневматического цилиндра приведена на рис. 3 и поршневой полости 2 на рис. 4.

Давление питания в пневматической схеме регулируется редукционным клапаном РК с манометром М. В системе настраивается давление 6 бар. Измерение расхода осуществляется с помощью датчика расхода ДР, изменение давления фиксируется датчиком давления ДД.

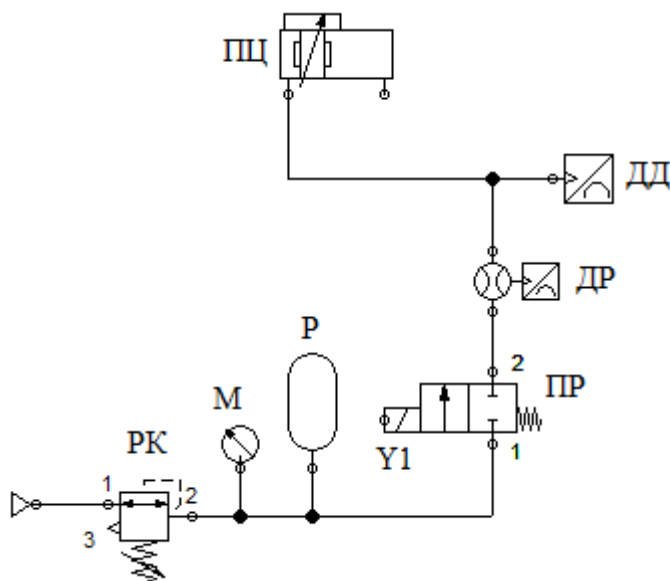


Рис. 3. Принципиальная пневматическая схема исследовательского стенда, измерение «мертвого» объема поршневой полости 1

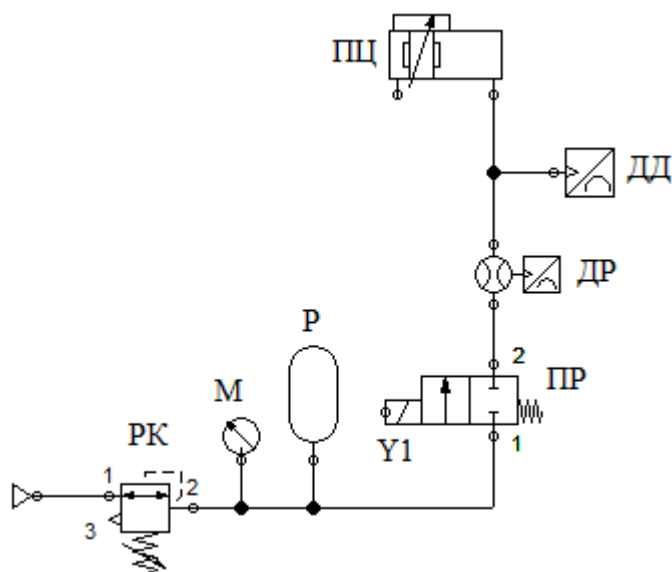


Рис. 4. Принципиальная пневматическая схема исследовательского стенда, измерение «мертвого» объема поршневой полости 2

Измерение «мертвого» объема в поршневой полости 1 осуществляется следующим образом: необходимо механически зафиксировать поршень или каретку бесштокового цилиндра в крайнем левом положении. Далее с помощью редукционного клапана РК следует настроить давление питания 6 бар. Кнопка S1 (рис. 5) осуществляет прямое управление дискретным распределителем ПР. Данный распределитель подает сжатый воздух в полость 1 пневматического цилиндра. В начальный момент времени исследуемая полость цилиндра соединена с атмосферой. При нажатии на кнопку S1 осуществляется переключение распределителя ПР, и в полость 1 подается сжатый воздух.

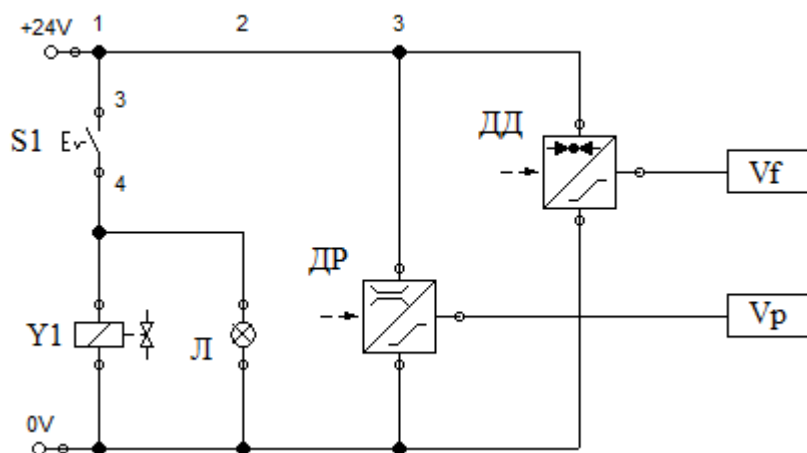


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема исследовательского стенда, измерение «мертвого» объема поршневой полости 1

Расход, проходящий через распределитель в полость 1 пневматического цилиндра, фиксируется датчиком расхода ДР, а давление - датчиком ДД. Сигналы с датчиков расхода и давления подключаются к измерительному комплексу Spider8 (рис. 6), который преобразовывает их в цифровой формат. Данные передаются на компьютер в среду Catman по средствам USB или параллельного интерфейса.



Рис. 6. Принципиальная схема измерительного комплекса исследовательского стенда измерения «мертвого» объема

Аналогичным образом осуществляется исследование «мертвого» объема поршневой полости 2 бесштокового пневматического цилиндра. Для этого поршень или каретка цилиндра механически фиксируется в крайнем правом положении и далее проводится измерение расхода и давления ранее описанным способом.

Результаты экспериментов представлены на рис. 7 и рис. 8 для левой и правой полостей бесштокового пневматического цилиндра соответственно.

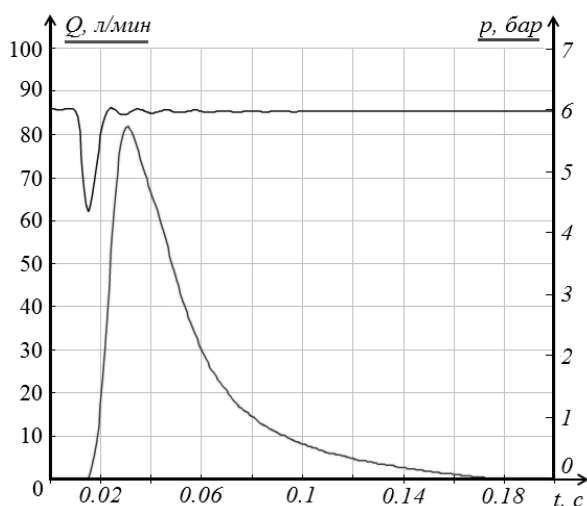


Рис. 7. Зависимости $Q(t)$ и $p(t)$, измерение «мертвого» объема поршневой полости 1 бесштокового пневматического цилиндра

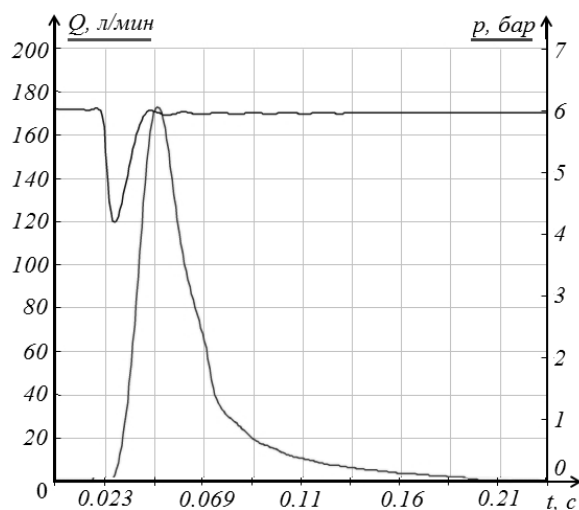


Рис. 8. Зависимости $Q(t)$ и $p(t)$, измерение «мертвого» объема поршневой полости 2 бесштокового пневматического цилиндра

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК. ВЫВОД КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ «МЕРТВЫХ» ОБЪЕМОВ ПОРШНЕВЫХ ПОЛОСТЕЙ БЕСШТОКОВОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ЦИ- ЛИНДРА

Для получения конечных результатов исследования «мертвых» объемов необходимо проинтегрировать полученные зависимости $Q(t)$ по времени. Величину «мертвых» объемов можно получить, воспользовавшись выражением (1).

$$V_M = \frac{1}{60} \sum_{i=2}^{i_{\max}} (t_i - t_{i-1}) \cdot \left(\frac{Q_i - Q_{i-1}}{2} \right) \cdot \left(\frac{7}{6} \right). \quad (1)$$

Результаты расчетов «мертвых» объемов полостей 1 и 2 бесштокового пневматического цилиндра приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчетов «мертвых» объемов

Наименование объема	Поршневая полость 1	Поршневая полость 2
Мертвый объем, л	0,06	0,11

В расчетах «мертвых» объемов использовались статические характеристики датчиков расхода и давления.

На рис. 9 приведены графики зависимости перемещения поршня цилиндра от времени до достижения им заданного положения, где 1 – физическое моделирование системы позиционирования, 2 – математическое моделирование без учета исследований «мертвых» объемов бесштокового пневмоцилиндра, 3 – математическое моделирование с учетом исследований «мертвых» объемов бесштокового пневмоагрегата.

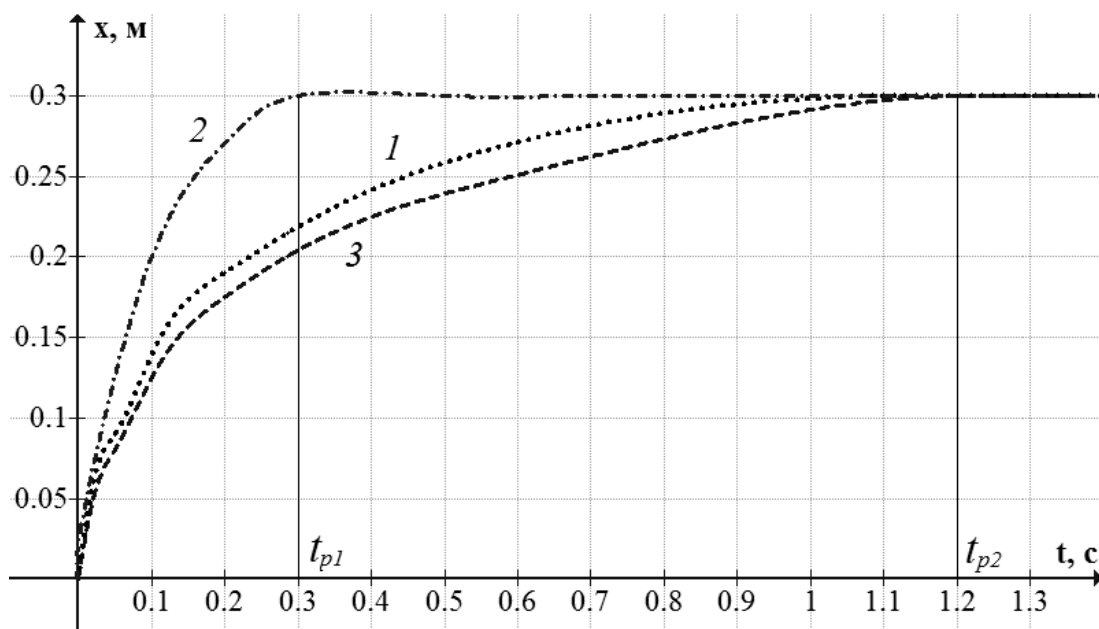


Рис. 9. Зависимость перемещения поршня бесштокового пневмоцилиндра от времени

На рис. 9 показано, что время регулирования при физическом (1) и математическом моделировании с уточненными параметрами (3) почти одинаково. Более того, переходные процессы (1) и (3) на всем временном диапазоне имеют между собой меньше различий, чем характеристики (1) и (2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования «мертвых» объемов поршневых полостей бесштокового пневматического цилиндра уточнили математическую модель.

Созданный лабораторный стенд позволяет проводить экспериментальные исследования «мертвых» объемов полостей различных пневматических цилиндров.

ССЫЛКИ

- [1] Фотин Б.С. и др. Поршневые компрессоры / Б.С.Фотин, И.Б.Пирумов, И.К.Прилуцкий, П.И.Пластинин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 372 с.
- [2] Хомишевич К.И. Рудничные пневматические установки / К.И.Хомишевич. – Изд. Харьковского ун-та, 1962. – 252 с.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОЙ ГИДРОМАШИНЫ

Стажков Сергей Михайлович, Кузьмин Антон Олегович

Кафедра И8

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»

им. Д.Ф. Устинова

1-я Красноармейская, 1

190005 Санкт-Петербург, РФ

wutmakat@yandex.ru

Реферат

Настоящая работа посвящена разработке методики расчета основных параметров поршневого механизма, обеспечивающих работоспособность и улучшенные характеристики усовершенствованной гидромашины, а также их экспериментальному подтверждению. Объектом исследования является аксиально-поршневая гидромашина с наклонным диском (АПГНД) и с полностью гидростатически разгруженной опорной поверхностью поршня.

В результате предварительных испытаний поршневого механизма АПГНД были выявлены ограничения по конструктивным и эксплуатационным параметрам, оказывающим влияние на характер взаимодействия в кинематических парах механизма. В связи с этим был проведен дополнительный силовой анализ, получены расчетные зависимости, с помощью которых выявлен диапазон углов наклона опорного диска усовершенствованной АПГНД, обеспечивающий ее работоспособность и улучшенные энергетические и динамические характеристики.

Проведенные экспериментальные исследования усовершенствованного поршневого механизма АПГНД подтвердили его работоспособность. Было определено, что выявленные расхождения реального угла наклона опорного диска, при котором сохраняется работоспособность поршневого механизма, по сравнению с теоретически рассчитанным углом связаны с отклонением реальных значений коэффициента трения от справочных.

Полученные в данном исследовании результаты могут служить основой для проектирования энергоемких АПГНД, обладающих высокими динамическими качествами.

Введение.

На кафедре «Системы приводов, мехатроника и робототехника» БГТУ «ВОЕНМЕХ» разработана аксиально-поршневая гидромашина с наклонным диском (АПГНД), обладающая улучшенными динамическими и энергетическими характеристиками за счет гидростатической и силовой разгрузки поршневого механизма [4]. По итогам предварительных испытаний установлено, что в некотором диапазоне значений углов наклона опорного диска нарушается работоспособность такой АПГНД, в частности, происходит раскрытие стыка между опорным башмаком и наклонным диском.

Целью работы является описание указанного процесса с нахождением минимального угла наклона опорного диска, обеспечивающего работоспособность АПГНД, и подтверждение полученных результатов экспериментально.

Нахождение рабочего диапазона угла наклонного диска.

Механизм раскрытия стыка между башмаком и наклонным диском связан с конструктивными особенностями модернизированной поршневой пары. Для компенсации перекаса поршня в направляющей втулке [3] смещенный шарнир должен быть единообразно ориентирован относительно наклонного диска на всём рабочем цикле гидромашины. При таком процессе происходит вращение поршня относительно направляющей втулки, также происходит скольжение опорного башмака по наклонному диску. В случае преобладания сил трения в указанных кинематических парах над реакцией наклонного диска, удерживающей поршневую группу в рабочем положении, происходит поворот поршневой группы относительно наклонного диска и раскрытие стыка между опорным башмаком и наклонным диском.

Разворот поршня описывается как действие моментов сил трения:

$$M_R > M_{T_o} + M_{T_n} \quad (1)$$

$$\text{где } M_{R_m} = \Psi \frac{\pi d_n^2}{4} p \tan \gamma r \sin(\varphi)$$

$$M_{T_o} = f \Psi \frac{\pi d_n^2}{4} p \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) \cdot (h - r \cos(\varphi) \cdot \cos \gamma) +$$

$$f \Psi \frac{\pi d_n^2}{4} p \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) \cos \gamma \cdot r \sin(\varphi) - \text{ момент сил трения в паре}$$

«башмак-наклонный диск»

M_R — момент от реакции наклонного диска R

Ψ — коэффициент прижатия пяты к поверхности наклонного диска

p — давление рабочей жидкости

γ — угол наклона наклонного диска

r — радиус опорного башмака

φ — угловая координата точки контакта опорного башмака и поверхности диска

α — угол поворота цилиндра относительно положения, в котором поршень максимально вдвинут в него

R_n^Σ – суммарная реакция в поршневой паре

f – коэффициент трения скольжения

F_p – сила гидростатического давления рабочей жидкости на торцевую поверхность поршня

d_n – диаметр поршня

T_o – осевая составляющая силы трения в поршневой паре

$$M_{T_n} = R_n^\Sigma f \frac{d_n}{2} \text{ – момент от сил трения в паре «поршень-цилиндр»}$$

Условие нераскрытия стыка между опорным башмаком и поверхностью наклонного диска приобретает следующий вид:

$$\tan \gamma > f \left(\frac{R_n^\Sigma}{F_p \Psi} \cdot \frac{d_n}{2r} + |\cos \alpha| \frac{h_{gc}}{r} + |\sin \alpha| \cdot \cos \gamma \right) \quad (2)$$

При подстановке в формулу (2) значений, соответствующих параметрам реальной АПГНД, установлено, что угол наклонного диска должен превышать 16° .

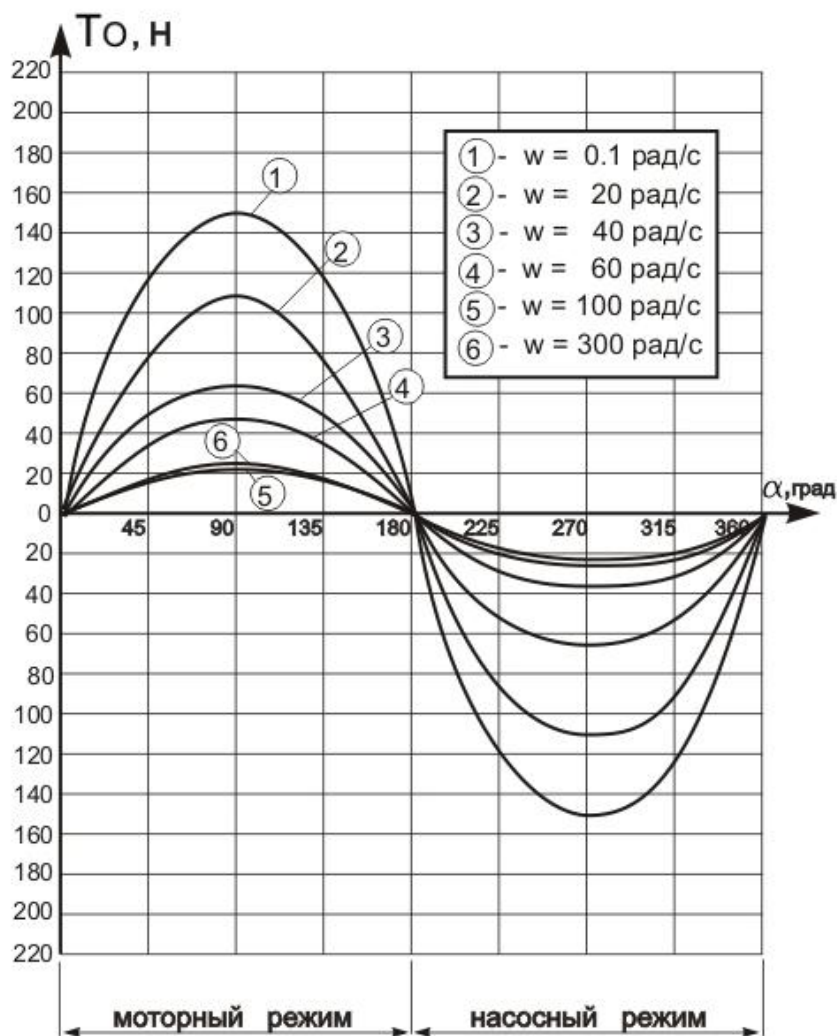


Рис. 1 Циклограмма осевой составляющей силы трения в поршневой паре при угле наклона опорного диска $\gamma = 18^\circ$

Экспериментальное подтверждение.

Для экспериментального подтверждения значений, полученных аналитически, изготовлена опорная часть наклонного диска с углом равным 18° . В этом случае обеспечена работоспособность на всём цикле, что показано на рис. 1

Заключение

В ходе работы теоретически обоснован и экспериментально подтвержден диапазон рабочих значений угла наклонного диска модернизированной АПГНД. Эксперимент подтвердил выбранную модель описания происходящих процессов на цикле работы гидромашины.

Ссылки.

1. Белоусов А.И., Равикович Ю.А. Несущая способность гидростатических подшипников в условиях динамического нагружения. – М.: Машиноведение, 1977, № 6, с.95-101.
2. Стажков С.М., Горбешко М.В. Исследование кинематической неопределенности плунжерной группы и ее влияния на механические потери в аксиально-плунжерной гидромашине. – В сб. материалов семинара «Системы управления, следящие приводы и их элементы». – М.: п/я А-1668, инв. № 25047с, 1982, с.230-234
3. Stazhkov S. *Development Of An Axial-Piston Hydraulic Machine Of A Drive Ststem* - DAAAM INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOOK pp. 277-296, 2013
4. Пат. 2031241 Российская Федерация, МПК F04В1/20. Аксиально-поршневая гидромашинa/ Кисточкин Е.С.; Соколов Г.С.; Стажков С.М.; заявители и патентообладатели Кисточкин Е.С.; Соколов Г.С.; Стажков С.М. - №5033085/29; заявл. 03.03.92; опубл. 20.03.95.



Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ В МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМАХ

Владимир Филаретов, Александр Зуев, Алексей Жирабок,
Александр Проценко

Кафедра автоматизации и управления
Дальневосточный федеральный университет
Суханова, 8
690950 Владивосток, Россия
e-mail: zuev@dvo.ru

Реферат

В докладе представлен метод синтеза системы идентификации дефектов, появляющихся в различных элементах сложных мехатронных систем, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями. Этот метод основан на использовании диагностических наблюдателей и логико-динамического подхода, позволяющего применять линейные методы при диагностировании дефектов в нелинейных системах, а также на введении в полученные наблюдатели специальной обратной связи по сигналу невязки, которая обеспечивает точное определение величин появляющихся дефектов в реальном масштабе времени. На примере идентификации дефектов, возникающих в электроприводах многозвенного манипулятора, показана работоспособность и высокая эффективность предложенного метода.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных путей повышения эффективности и работоспособности различных мехатронных систем (МС) при возникновении незначительных дефектов в их сенсорных и исполнительных элементах является использование систем аккомодации

к этим дефектам [1]. Эти системы позволяют автоматически сохранять работоспособность и важнейшие характеристики этих систем, обеспечивая гарантированное выполнение заданных операций и миссий.

В настоящее время существует несколько различных подходов к синтезу систем аккомодации к дефектам в МС [1, 2]. Все эти подходы основаны на процедурах локализации и идентификации в реальном масштабе времени величин возникающих дефектов с помощью ДН, а также на формировании специальных дополнительных сигналов коррекции законов управления, гарантирующих оперативное парирование этих дефектов. Для решения задачи точной идентификации величин этих дефектов в ДН используется обратная связь, пропорциональная сигналу формирующейся невязки. Однако введение этой обратной связи позволяет определить величины дефектов только в том случае, когда ДН описываются дифференциальными уравнениями первого порядка [3]. Но в большинстве случаев наблюдатели описываются нелинейными уравнениями более высокого порядка, когда известный метод не может быть использован. Поэтому проблема разработки легко реализуемых систем точной идентификации дефектов, возникающих в различных элементах МС, по-прежнему остается важной и актуальной.

С учетом отмеченного в докладе ставится и решается задача разработки метода синтеза систем точной идентификации появляющихся дефектов в различных сложных МС, в которых используются ДН, описываемые дифференциальными уравнениями с размерностью выше первой. Этот метод основан на использовании логико-динамического подхода [4] к синтезу ДН для нелинейных систем, а также на введении в эти ДН комплексной обратной связи по сигналу невязки специального вида, что обеспечивает точное определение величин появляющихся дефектов в реальном масштабе времени.

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ СИНТЕЗА ДН

В общем случае МС может быть описана системой нелинейных дифференциальных уравнений, которая в матричной форме имеет вид:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= F x(t) + B(x(t), u(t)) + G u(t) + L d(t), \\ y(t) &= H x(t), \end{aligned} \tag{1}$$

где $x(t) \in R^n$ – вектор состояния МС; $y(t) \in R^m$ – измеряемые датчиками переменные состояния МС ($m \leq n$); $u(t) \in R^l$ – вектор входа

(управления); $d(t) \in R^p$ – вектор дефектов (при отсутствии дефектов все элементы вектора $d(t)$ равны нулю, а при появлении дефекта конкретный элемент становится ненулевым); $F \in R^{n \times n}$ – матрица динамических свойств МС; $G \in R^{n \times l}$ – матрица коэффициентов усиления при управляющих воздействиях; $H \in R^{m \times n}$ – матрица выхода, связывающая вектор состояния МС с вектором измерений; $L \in R^{n \times p}$ – матрица дефектов, указывающая в каком месте МС возник дефект; $B \in R^n$ – вектор, определяющий нелинейную часть системы; n – количество переменных состояния (порядок системы); l – количество каналов управления; p – количество дефектов, которые могут возникнуть в системе; m – количество датчиков, измеряющих переменные состояния системы.

Задачу обнаружения дефектов и определения их величин предлагается решать на основе логико-динамического подхода [4], который при построении ДН позволяет использовать только линейные методы. В этом подходе при синтезе наблюдателей используется несколько этапов: 1) переход от нелинейной модели МС к его линейной логико-динамической модели; 2) синтез банка ДН для полученной линейной модели; 3) определение нелинейных составляющих и добавление их к построенным линейным ДН. В результате удастся сформировать банк нелинейных ДН, каждый из которых чувствителен только к одному из дефектов и инвариантен к остальным. Каждый из этих ДН описывается следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} \dot{x}^*(t) &= F^* x^*(t) + B^*(x^*(t), y(t), u(t)) + G^* u(t) + J y(t), \\ y^*(t) &= H^* x^*(t), \end{aligned} \quad (2)$$

где $x^*(t) \in R^k$ – вектор состояния ДН ($k \leq n$); $y^*(t)$ – выходной сигнал ДН; $F^* \in R^{k \times k}$ – матрица динамических свойств ДН; $G^* \in R^{l \times k}$ – матрица, учитывающая вектор управления $u(t)$ в ДН; $H^* \in R^k$ – вектор, связывающий $x^*(t)$ с $y^*(t)$; $B^* \in R^k$ – вектор, учитывающий нелинейную часть системы в ДН; $J \in R^{m \times k}$ – матрица, учитывающая $y(t)$ в ДН; k – количество переменных состояния ДН (порядок ДН).

При синтезе ДН (2) матрица F^* и вектор H^* обычно задаются в

следующем виде:
$$F^* = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad H^* = [1 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0],$$
 а

матрицы G^* , J , B^* , а также размерность ДН определяются по известным процедурам [4].

ДН (2) строится таким образом, чтобы при отсутствии дефектов выполнялись следующие соотношения: $\dot{x}^*(t) = \Phi x(t)$, $G^* = \Phi G$, $CH = H^* \Phi$, $\Phi F = F^* \Phi + JH$. Матрица $\Phi \in R^{n \times k}$ и вектор $C \in R^m$ определяются в ходе синтеза ДН.

Невязка $r(t)$, указывающая на отсутствие или появление дефекта в МС, формируется в виде

$$r(t) = Cy(t) - y^*(t) = CHx(t) - H^*x^*(t) = H^*\Phi x(t) - H^*x^*(t) = H^*e(t), \quad (3)$$

где $e(t) = \Phi x(t) - x^*(t) \in R^k$ – вектор рассогласования фазовых координат МС и ДН.

Для дальнейшего решения задачи идентификации дефектов необходимо определить связь между невязкой $r(t)$ и дефектом $d_i(t)$, которому чувствителен построенный наблюдатель ($i = \overline{1, p}$). Эта связь задается следующим выражением:

$$\dot{r}(t) = H^*(F^*e(t) + \Phi B(x(t), u(t)) - B^*(x^*(t), y(t), u(t)) + \Phi Ld(t)). \quad (4)$$

С учетом вида вектора H^* , а также (3), выражение (4) можно переписать следующим образом:

$$\dot{e}(t) = F^*e(t) + \Phi B(x(t), u(t)) - B^*(x^*(t), y(t), u(t)) + \Phi Ld(t). \quad (5)$$

Для решения задачи точной идентификации величин возникающих дефектов в ДН предлагается вводить обратную связь по сигналу невязки $w(r)$ [4]. Первое уравнение в модели ДН при введении такой обратной связи примет вид:

$$\dot{x}^*(t) = F^*x^*(t) + B^*(x^*(t), u(t)) + G^*u(t) + Jy(t) + w(r), \quad (6)$$

где $w(r) \in R^k$ - вектор, задающий обратную связь по сигналу невязки.

Поведение вектора рассогласования (5), с учётом введённой обратной связи (6), будет определяться уравнением:

$$\dot{e}(t) = F^* e(t) + \Phi B(x(t), u(t)) - B^*(x^*(t), u(t)) + \Phi L d(t) - w(r). \quad (7)$$

Из уравнения (7) видно, что в частном случае, когда размерность ДН равна 1 (т.е. $y(t)=x(t)$) всегда будут выполняться следующие условия: $F^*=0$, $\Phi B=B^*$ и $e(t)=r(t)$. В результате введение простой обратной связи, пропорциональной сигналу невязки $r(t)$ позволит точно определить величину возникающего дефекта [3]. Однако для случая, когда размерность ДН выше первой (т.е. $y(t) \neq x(t)$) составляющие $F^* e(t)$, $\Phi B(x(t), u(t))$ и $\Phi L d(t)$ в уравнении (7) будут неизвестными. В этом случае идентификация дефектов с помощью введения описанной простой обратной связи становится невозможной.

Для решения указанной проблемы в докладе предлагается вводить в ДН такую обратную связь по сигналу невязки, которая всегда обеспечит $e(t) = 0$. В этом случае будут выполняться соотношения: $F^* e(t) = 0$, $\Phi B = B^*$ и $\dot{e}(t) = 0$. В результате величина обратной связи станет пропорциональна составляющей $\Phi L d(t)$, что позволит в дальнейшем точно определить искомый дефект. Далее рассмотрим процедуру синтеза указанной обратной связи.

СИНТЕЗ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ДН

Поскольку ДН при логико-динамическом подходе строились таким образом, чтобы каждый наблюдатель был чувствителен только к одному из дефектов и обеспечивалась инвариантность к остальным, то с учетом вида матрицы F^* и свойств матрицы ΦL , а также при отсутствии начального рассогласования между ДН и ОД выражение (7) можно переписать в виде:

$$\begin{aligned} f_v d_i + a_v = \dot{e}_v + w_v = \ddot{e}_{v-1} + \dot{w}_{v-1} + w_v = \ddot{e}_{v-2} + \ddot{w}_{v-2} + \\ + \dot{w}_{v-1} + w_v = e_1^{(v)} + w_1^{(v-1)} + \dots + w_{v-1}^{(1)} + w_v, \end{aligned} \quad (8)$$

где a_v - v -ый элемент вектора $\Phi B(x(t), u(t)) - B^*(x^*(t), u(t))$, $v = \overline{1, k}$, f_v - v -ый элемент вектора ΦL .

Пусть элементы вектора обратной связи, кроме v – го пропорциональны величине невязки $w_j = \frac{T_j}{T_0} e_1$ ($j = \overline{1, v-1}$), где T_0, T_j – коэффициенты обратной связи, а $w_v = \frac{T_v}{T_0} e_1 + \frac{1}{T_0} z(e_1)$. В этом случае уравнение (8) можно переписать:

$$f_v d_i + a_v = e_1^{(v)} + \frac{T_1}{T_0} e_1^{(v-1)} + \dots + \frac{T_{v-1}}{T_0} e_1^{(1)} + \frac{T_v}{T_0} e_1 + \frac{1}{T_0} z(e_1). \quad (9)$$

Если представить значение $f_v d_i + a_v$ в виде входного сигнала, а e_1 в виде выходного, то выражение (8) можно переписать в виде следующей передаточной функции:

$$W = \frac{T_0}{T_0 s^v + \dots + T_{v-1} s + T_v + Z(s)},$$

где s – оператор Лапласа.

Предположим, что $f_v d_i + a_v$ может быть представлен в виде полинома степени q : $f_v d_i + a_v = b_0 + b_1 t + \dots + b_q t^q$, где b_0, \dots, b_q – некоторые постоянные коэффициенты. Тогда установившееся значение e_1 может быть найдено следующим образом:

$$e_1 = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{T_0 (b_0 s^{q-1} + \dots + b_q) s}{(T_0 s^v + \dots + T_v) s^{q+1} + z(s) s^{q+1}}.$$

Полагая, что $Z(s) = \frac{T_{v+1}}{s} + \frac{T_{v+2}}{s^2} + \dots + \frac{T_{v+q}}{s^q} + \frac{T_{v+q+1}}{s^{q+1}}$ можем получить:

$$e_1 = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{T_0 (b_0 s^{q-1} + \dots + b_q) s}{(T_0 s^v + \dots + T_v) s^{q+1} + T_{v+1} s^q + \dots + T_{v+q+1}} = 0.$$

Таким образом введение предложенной обратной связи приводит к обнулению установившегося значения e_1 .

Во многих реальных МС возникают постоянные или медленно изменяющиеся дефекты. В этом случае (с учетом того, что мы можем выбрать $T_{v+1} = 1$) $z(e_1) = \int e_1 dt$. Тогда величина искомого дефекта d_i будет

$$\text{определяться выражением: } d_i = \frac{1}{f_v T_0} \int e_1 dt.$$

Таким образом, введенная обратная связь позволяет получить точную оценку величины возникающих в МС дефектов.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ

Для проверки работоспособности и эффективности предлагаемого метода идентификации дефектов было проведено моделирование работы синтезированной системы на примере идентификации дефектов в электроприводах многозвенного манипулятора типа PUMA [5].

При моделировании дефект в электроприводе имитировался скачкообразным изменением величины момента сухого трения на величину 0.01 Нм в период с $t_1=10$ с до $t_2=20$ с.

На рис. 1 представлен результат работы предложенной системы идентификации дефектов. Из этого рисунка можно видеть, что система идентификации позволяет своевременно определять факт появления дефекта, а также точно оценить его величину. Аналогичные результаты были получены и для других типов возникающих дефектов.

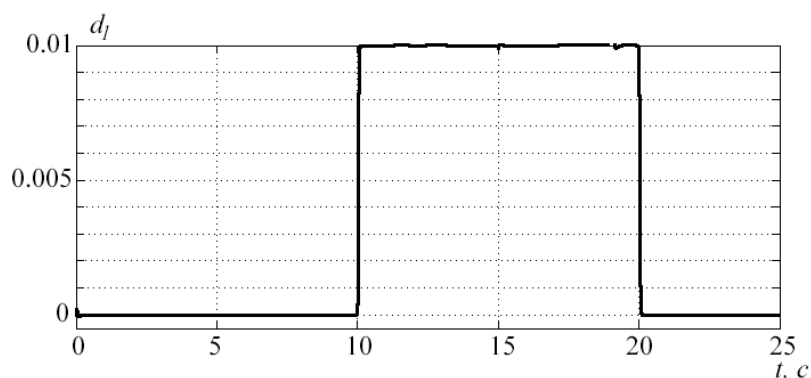


Рис. 1. Результат идентификации величины дефекта

Таким образом, результаты моделирования на примере идентификации дефектов, возникающих в электроприводах многозвенного манипулятора, показали полную работоспособность и высокую эффективность предложенного в работе метода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе разработан метод синтеза систем точной идентификации появляющихся дефектов в различных сложных МС, в которых используются ДН, описываемые дифференциальными уравнениями с размерностью выше первой. Этот метод основан на

использовании логико-динамического подхода к синтезу ДН для нелинейных систем, а также на введении в эти ДН комплексной обратной связи по сигналу невязки специального вида, что обеспечивает точное определение величин появляющихся дефектов в реальном масштабе времени.

Работа поддержана грантами РФФИ (16-29-04195, 16-07-00718, 16-07-00300, 16-38-00187), а также грантом президента РФ (МК-8536.2016.8).

ССЫЛКИ

- [1] M. Blanke, M. Kinnaert, J. Lunze, M. Staroswiecki, *Diagnosis and Fault Tolerant Control*. (Springer-Verlag: Berlin, 2003)
- [2] R. Isermann, *Fault-Diagnosis Systems: An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance*. (Springer-Verlag: Berlin, 2006)
- [3] В.Ф. Филаретов, А.Н. Жирабок, А.В. Зуева, А.А. Проценко, “Разработка метода синтеза системы аккомодации к дефектам в электроприводах манипуляционных роботов”, Информационно-измерительные и управляющие системы, 4(11), 26-33 (2013)
- [4] А.Н. Жирабок, С.А. Усольцев, “Линейные методы при диагностировании нелинейных систем”, Автоматика и телемеханика, 7, 149-159 (2000)
- [5] В.Ф. Филаретов, *Самонастраивающиеся системы управления приводами манипуляторов*. (Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2000)



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

МНОГОФАКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Александр Золотарев

Кафедра КПиИТ
Южный федеральный университет
ул. Большая Садовая, 105/42
344006 Ростов-на-Дону, Россия
aazolotarev@sfdedu.ru

Реферат

Разработаны и обобщены методы математического моделирования и векторной оптимизации процессов многофакторного распределения ресурсов на основе численно-аналитического анализа векторной модели ресурсных распределительных систем. Обобщено понимание компромисса как количественных предпочтений между альтернативами на основе оптимизации весовых коэффициентов скалярных критериев в критериальной свертке.

Предлагаемый подход позволяет формализовать и автоматизировать технологию оптимизации распределительных систем, существенно понизив сложившийся уровень зависимости результатов от эвристических и случайных факторов. Результаты исследований ориентированы на приложение к задачам оптимизации наукоемких технологий и внедрение в учебный процесс высшей школы.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях распределительные и доставляющие ресурсные системы локального и глобального масштабов играют все большую роль. Наличие развитой инфраструктуры ресурсных сетей, находящихся в актуальном состоянии, является одним из важнейших показателей

высокого технического уровня развития и организации общества. Связанные с неэффективным функционированием сетевых систем критичные сбои и техногенные риски обуславливают необходимость их реинжиниринга на основе многофакторного анализа принципов организации и управления [1,2].

Одним из эффективных направлений исследования таких систем является компьютерное моделирование, позволяющее на основе математических моделей оптимизировать интерактивные прототипы сетевых структур [3,4]. Здесь ключевым моментом является корректное формулирование критериев и принципов выделения оптимальных решений. При этом, требуется определить либо внятные качественные отношения между скалярными составляющими критериального вектора (например, предпочтения), либо количественные, реализуемые в виде значений весовых коэффициентов, отражающих значимость каждого отдельного скалярного критерия [5,6]. Такие отношения приоритета, подчас строго установить затруднительно, в связи с отсутствием полноты информации об объекте.

В работе реализована возможность понимания компромисса через установление количественных предпочтений между альтернативами на основе оптимизации вектора весовых коэффициентов скалярных критериев в критериальной свертке. При этом на первом этапе строится параметрическое множество оптимальных решений для агрегированного критерия на множестве допустимых решений. На последующем этапе реализуется задача отыскания оптимального весового вектора свертки критериев на выделенном параметрическом множестве оптимальных решений.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается система распределения ресурсов объема S по конечному числу процессов N , структурная схема которой отображена на рисунке 1.

Такая распределительная система характеризуется следующими векторными величинами: количеством распределенного в каждый i -ый процесс ресурса $\mathbf{X} = \{X_i\}$, потерями сырья $\mathbf{P} = \{p_i\}$, планируемыми объемами переработки $\mathbf{A} = \{a_i\}$, весовой значимостью процессов $\mathbf{C} = \{c_i\}$ – характеристикой их эффективности $\mathbf{c}_i = \{c_{ij}\}$ с точки зрения j -ой цели, технологическими и/или экономическими ограничениями сверху и снизу на объемы переработки $\mathbf{H} = \{h_i\}$, $\mathbf{L} = \{l_i\}$, соответственно.

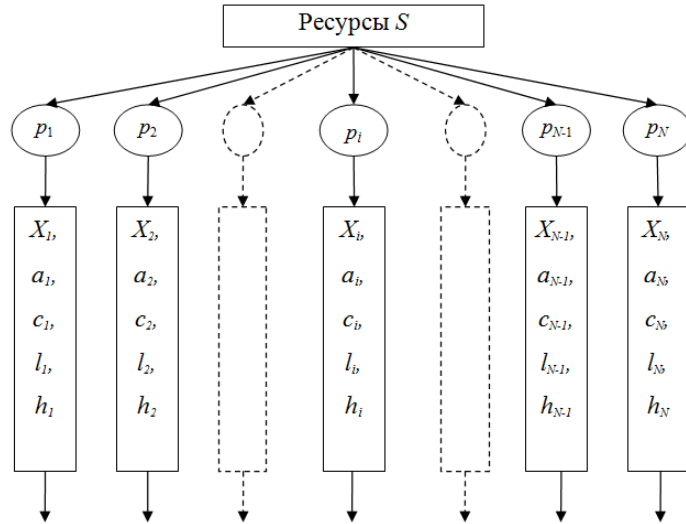


Рисунок 1 – Схема распределения ресурсов

Обобщенную модель рассматриваемой системы можно представить в следующей векторной форме

$$\mathbf{F}(\mathbf{X}, \mathbf{A}) \equiv [F_1, F_2, \dots, F_j, \dots, F_M]_{j=1, \overline{M}} = \{F_{ij}\}_{i=1, \overline{N}, j=1, \overline{M}} \quad (1)$$

$$G = \left\{ \mathbf{X} \in \mathbb{R}^N \left| \begin{array}{l} \mathbf{I} \cdot (\mathbf{X} + \mathbf{P}) \prec S \\ \mathbf{0} \leq \mathbf{L} \leq \mathbf{X} \leq \mathbf{H} \end{array} \right. \right\}; \quad \mathbf{I} = \{1\}_{1, \overline{N}}, \mathbf{0} = \{0\}_{1, \overline{N}} \quad (2)$$

Здесь строка критериальной матрицы $\mathbf{F}(\mathbf{X}, \mathbf{A})$ с номером i характеризует эффективность распределения ресурсов в объеме X_i в i -й процесс (например, $F_{ij}(\mathbf{X}, \mathbf{A})$ при $(j=1)$ может отражать процессные издержки, а при $(j=2)$ - соответствующие доходы, при $(j=3)$ - измеримый экологический или социальный результат функционирования i -го процесса и т.п.). При этом каждый j -ый вектор-столбец F_j матрицы (1) математически формализует понимание оптимальности j -ой цели по всем i процессам.

В соотношениях (2) для области G ресурсных ограничений символ \prec обозначает один из допустимых элементов отношения порядка $\prec \in \{<, \leq, =, >, \geq\}$, возможно отличный для каждого скалярного составляющего векторного ограничения (2), где последнее неравенство векторов $\mathbf{L}, \mathbf{X}, \mathbf{H}$ следует понимать как неравенство их соответствующих компонент.

ОПТИМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В условиях аддитивности характеристик j -ой цели на множестве процессов общая критериальная функция отдельной цели, учитывающая взвешенный вклад каждого i -го процесса (с весами c_{ij}), представима в виде

$$W_j(\mathbf{X}, \mathbf{A}, \mathbf{C}_j) \equiv \mathbf{C}_j \cdot \mathbf{F}_j(\mathbf{X}, \mathbf{A}) = \sum_{i=1}^N c_{ij} F_{ij}(\mathbf{X}, \mathbf{A}) \quad (3)$$

Тогда для нахождения оптимального распределения ресурсов $\mathbf{X} = \{X_i\}$ между процессами, при котором вся распределительная система функционировала бы наиболее эффективно в рамках сформулированной модели (1)-(3), необходимо выполнить анализ следующей задачи векторной оптимизации:

$$\mathbf{W}(\mathbf{X}, \mathbf{A}, \mathbf{C}) \equiv \left\{ W_j(\mathbf{X}, \mathbf{A}, \mathbf{C}_j) \right\}_{j=1, \overline{M}} \rightarrow \mathbf{Opt}, \quad \mathbf{X} \in G \quad (4)$$

$$G = \left\{ \mathbf{X} \in \mathbb{R}^N \mid \mathbf{I} \cdot (\mathbf{X} + \mathbf{P}) < S, \mathbf{0} \leq \mathbf{L} \leq \mathbf{X} \leq \mathbf{H} \right\}, \quad (5)$$

$$\mathbf{C} = \{c_{ij}\} \in Z_C \subset \mathbb{R}^{M \times N}, \quad \mathbf{0} = \{0\}_{\overline{1, K}}$$

Здесь Z_C замкнутое ограниченное подпространство матриц \mathbf{C} с неотрицательными элементами $c_{ij} \geq 0$, а для векторного оператора оптимизации $\mathbf{Opt} = \{Opt_j\}_{j=1, \overline{M}}$ каждая его скалярная компонента понимается как один из элементов $Opt_j \in \{min, max\}$.

Окончательно общая задача многокритериальной параметрической оптимизации (4),(5) на основе минимизации взвешенной квадратичной свертки скалярных критериев W_j сводится к однокритериальной

$$\Phi(\mathbf{X}, \mathbf{A}) \equiv \boldsymbol{\alpha} \cdot \Delta^2 = \sum_{j=1}^M \alpha_j \Delta_j^2(\mathbf{X}, \mathbf{A}) \rightarrow \min_{\mathbf{X} \in G} \quad (6)$$

$$\Delta(\mathbf{X}, \mathbf{A}) \equiv \mathbf{W} - \mathbf{W}^* = \left\{ \Delta_j \right\}_{j=1, \overline{M}}; \quad \mathbf{W} = \left\{ W_j \right\}_{j=1, \overline{M}}, \quad \mathbf{W}^* = \left\{ W_j^* \right\}_{j=1, \overline{M}} \quad (7)$$

$$\Delta^2 = \left\{ \Delta_j^2 \right\}, \quad \mathbf{0} = \{0\}_{\overline{1, K}}; \quad \boldsymbol{\alpha} \in Z_\alpha \subset \mathbb{R}^M; \quad \Delta \in Y$$

Где Z_{α} - подпространство весовых векторов α с ограниченными компонентами $0 \leq \alpha_j \leq const$, отражающими значимость каждой невязки Δ_j как характеристики неоптимальной реализации соответствующей скалярной цели $W_j(\mathbf{X}, \mathbf{A})$. При этом в (6),(7) значения W_j^* отражают оптимум каждого отдельного критерия, т.е.:

$$\left\{ W_j(\mathbf{X}, \mathbf{A}) \rightarrow \underset{\mathbf{X} \in G}{Opt} \right\} \equiv \left\{ \underset{\mathbf{X} \in G}{Opt} W_j(\mathbf{X}, \mathbf{A}) = W_j^* \right\}.$$

Т.о., весовой вектор $\alpha = \{\alpha_j\}$ через оптимальное соотношение компонент устанавливает понимание компромисса между альтернативными критериями W_j .

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ

Рассмотрим, например в (4), двухкритериальную задачу ($j=2$) со скалярными составляющими критерия $\mathbf{W}(\mathbf{X}, \mathbf{A}) = \{W_1, W_2\}$, первая из которых сформулирована для отклонений объемов переработки $\mathbf{X} = \{X_i\}$ каждого процесса от плановых значений $\mathbf{A} = \{a_i\}$. Вторая W_2 , имеет смысл дохода от переработки распределенного ресурса, т.е.

$$W_1(\mathbf{X}, \mathbf{A}) = \sum_{i=1}^N c_{i1} (X_i - a_i)^2 \rightarrow \underset{\mathbf{X} \in G}{min}; \quad W_2(\mathbf{X}) = \sum_{i=1}^N c_{i2} X_i \rightarrow \underset{\mathbf{X} \in G}{max} \quad (8)$$

Такая оптимизационная модель сводится к однокритериальной (частному аналогу (6),(7)) для функции квадратов невязок с весами $\alpha_1 = \alpha, \alpha_2 = 1 - \alpha$:

$$\Phi(\mathbf{X}, \mathbf{A}, \alpha) \equiv \alpha \cdot \Delta^2 = \alpha \Delta_1^2(\mathbf{X}, \mathbf{A}) + (1 - \alpha) \Delta_2^2(\mathbf{X}) \rightarrow \underset{(\mathbf{X}, \alpha)}{min} \quad (9)$$

$$0 \leq \alpha \leq 1, \quad \mathbf{X} \in G$$

Ниже на рисунке 2 приведена параметрическая зависимость 3-D траекторий квазиоптимальных решений $\mathbf{X}^*(\alpha)$ двухкритериальной трехмерной ($N=3$) задачи (2) (варианты I - III), где счетные значения параметра α соответствуют последовательности $\alpha_i = ih$, изменяющейся с шагом $h=0,02$ на интервале $0 \leq \alpha_i \leq 1$ ($i=0,1,2,\dots,50$).

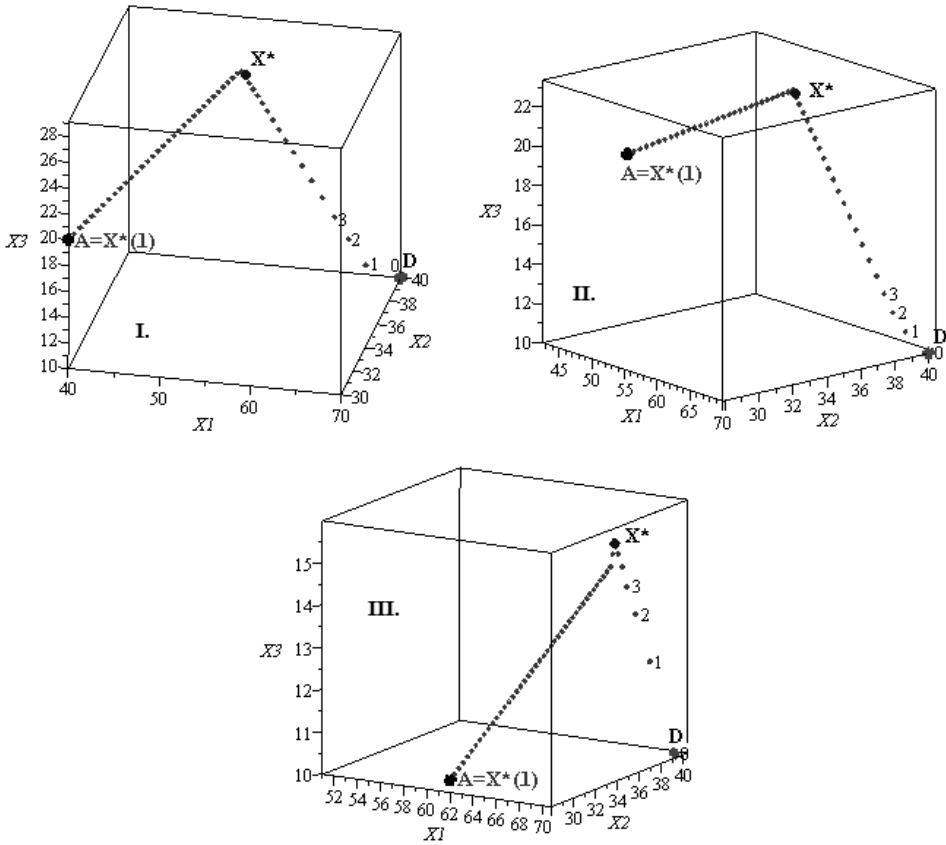


Рисунок 2 – Параметрическая зависимость оптимальных решений $\mathbf{X}^*(\alpha)$

В обозначениях (7) введем отклонения $r_j(\alpha) \equiv \Delta_j(\mathbf{X}^*(\alpha))$, характеризующие потери, связанные с недостижимостью в точке компромисса $\mathbf{X}^*(\alpha)$ каждым критерием W_j своих оптимумов W_j^* .

Тогда зависимость суммы таких потерь $r(\alpha) = r_1(\alpha) + r_2(\alpha)$ от параметра α можно рассматривать как дополнительную критериальную функцию выбора оптимального α^* (следовательно, параметрически оптимального решения $\mathbf{X}^* = \mathbf{X}^*(\alpha^*)$). Такое \mathbf{X}^* обеспечивает наилучший компромисс на параметрическом множестве решений $\mathbf{X}^*(\alpha)$ в смысле минимизации потерь, и в общем случае удовлетворяет задаче

$$r(\alpha) \equiv \sum_{j=1}^M \Delta_j(\mathbf{X}^*(\alpha)) \rightarrow \min; \quad \min_{0 \leq \alpha \leq 1} r(\alpha) = r(\alpha^*) \equiv \sum_{j=1}^M \Delta_j(\mathbf{X}^*) \quad (10)$$

На рисунке 3 отображено характерное поведение зависимости $r(\alpha)$ двухкритериальной 3-D задачи (8) на основании свертки (9)

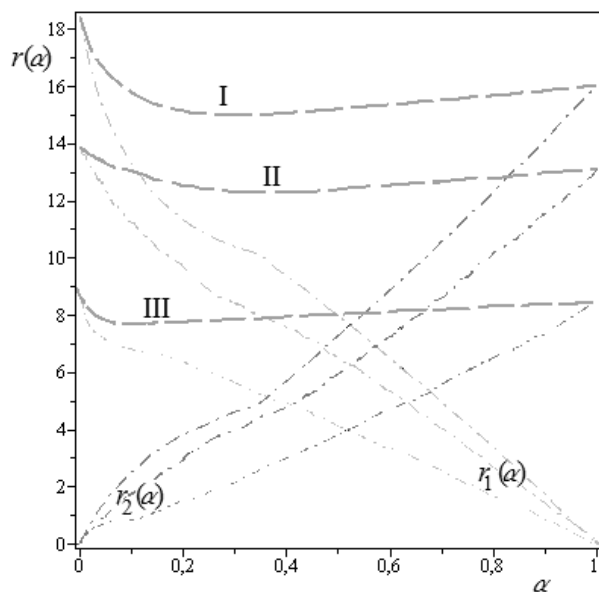


Рисунок 3 – Параметрическая зависимость потерь $r(\alpha)$ (варианты I - III)

Таблица 1 – Исходные данные: варианты I – III

i	c_{i1}	c_{i2}			a_i			l_i	h_i			S
		I	II	III	I	II	III		I-III	I	II	
1	3/10	1/2	1/2	1/2	40	50	60	10	70	70	70	120
2	1/2	3/10	2/5	2/6	30	30	30		150	80	150	
3	1/5	1/5	1/10	1/6	20	20	10		100	100	100	

Для указанных в таблице 1 вариантов исходных данных результаты численной параметрической оптимизации модели отражены в таблице 2, где приведены оптимальные значения α^* , соответствующие параметрически оптимальные решения $\mathbf{X}^* = \mathbf{X}^*(\alpha^*)$ и $r(\alpha^*)$.

Таблица 2 – Результаты параметрической оптимизации

№ варианта	$\mathbf{X}^* = (X_1^*, X_2^*, X_3^*)$			α^*	$r(\alpha^*)$
	X_1^*	X_2^*	X_3^*		
I	55.810	35.484	28.706	0,32	14.964
II	61.792	35.570	22.638	0,38	12.269
III	70.0	34.467	15.533	0,12	7.712

На основании численных экспериментов, выполненных для широкого диапазона входных параметров и размерностей модели, и из приведенных выше результатов видно, что при условии $\mathbf{A} \in G$

существует единственный параметрический оптимум векторной задачи (8), удовлетворяющий условию компромисса (10), выделяющему оптимальное $\alpha = \alpha^*$. При этом, просматривается сильная зависимость его значения от входных данных. На рис.2 такому компромиссному решению \mathbf{X}^* соответствует точка излома параметрической траектории квазиразрешений $\mathbf{X}^*(\alpha)$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В случае многокритериальной распределительной модели (4),(5) для установления обоснованного значения векторного параметра взвешивания $\alpha = \{\alpha_j\}$ скалярных критериев, инкапсулированных в их свертку (6), применимы два подхода.

Один традиционный, базируется на привлечении экспертных или статистических оценок выбора таких весов $\alpha = \{\alpha_j\}$. Другой, допускающий математическую формализацию многокритериальной задачи, требует привлечения дополнительных регуляризирующих исходную векторную задачу (4) условий. Для выделения единственного оптимального решения в этом случае необходимо сформулировать условие количественного понимания компромисса. Такое условие предложено в форме задачи (10) параметрической оптимизации квазиоптимальных решений, приводящее для всех рассмотренных данных к выявлению единственного оптимального решения с параметром α^* , доставляющим минимум потерям компромисса (10), обусловленным невозможностью достичь каждым скалярным критерием (4) своего наилучшего уровня в общей оптимальной точке $\mathbf{X}^* = \mathbf{X}^*(\alpha^*)$.

ССЫЛКИ

- [1] A.A. Zolotarev, M. Kryvenka, M. Heit, D. Westermann, "Mathematische modellierung und optimierung von energieflussen im deregulierten umfeld".- Information Technology and Electrical Engineering. 51.IWK - Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Ilmenau: Technische Universitat, 2006.
- [2] A.A. Zolotarev, O.I. Agibalov, "Abilities of modern graphics adapters for optimizing parallel computing", W. Appl. Sc. J., **23**(5), 644–649 (2013)
- [3] И.Г. Чернолучский *Методы оптимизации. Компьютерные технологии.* (БХВ–Петербург, СПб., 2011)
- [4] F.A. Christodoulos, P.M. Panos, *Encyclopedia of Optimization.* (Springer, New York, 2009)
- [5] В.Д. Ногин, *Сужение множества Парето: аксиоматический подход.* (Физматлит, М., 2015)
- [6] А.А. Золотарев, *Методы оптимизации распределительных процессов.* (Инфра-Инженерия, М., 2014)



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ ПОДВИЖНОСТИ ТРЕНАЖЕРОВ АВТО- И СПЕЦ- ТЕХНИКИ

Роман Ганин, Дарья Костыгова, Дмитрий Казунин

АО «Кронштадт Технологии»
Малый пр-т В.О., д.54, корп.5, лит.П
197110 Санкт-Петербург, Россия
ra_ganin@mail.ru

Реферат

Создание тренажеров авто- и спец- техники в настоящее время является актуальной задачей. Отработка обучаемым навыков управления машиной на тренажере позволяет экономить временные и энергоресурсы, связанные с обучением на реальном оборудовании, а также снижает риск негативных последствий, связанных с его поломкой.

Одним из ключевых компонентов тренажера является динамическая платформа подвижности (ДПП), отвечающая за имитацию воздействий (нагрузок) на обучаемого. В соответствии с требованиями к ДПП, такими как потребляемая мощность, предельные скорости и ускорения, осуществляется выбор кинематической схемы, типа привода и других характеристик ДПП.

В данной статье приведен обзор имитируемых эффектов и подходящих для их воспроизведения динамических платформ для двух наиболее отличающихся по динамике тренажеров – оператора экскаватора карьерного гусеничного ЭКГ-18Р и водителя многоосного автомобиля БТР-82А. Проанализировано поведение ДПП при различных задающих воздействиях, выработаны подходы для устранения выявленных недостатков.

ВВЕДЕНИЕ

При разработке тренажеров оператора авто- и спец- техники особенно остро встает вопрос о воспроизведении обратных тактильных воздействий (нагрузок) на обучаемого, максимально приближенных к реальным. Эффекты, которые необходимо имитировать на месте обучаемого с помощью динамических платформ подвижности (ДПП), отличаются в зависимости от моделируемой техники. Для тренажеров водителей автотранспорта, например, основным имитируемым эффектом является изменение положения кабины при движении по местности (неровности рельефа). Для тренажеров оператора спец- техники критична отработка ударов, толчков и вибрации, вследствие чего к ДПП предъявляются особые требования по быстродействию.

Вне зависимости от типа тренажера источником задающих воздействий на динамическую платформу является математическая модель техники, входящая в состав программного обеспечения изделия. Для анализа ДПП выделены два наиболее характерных для своего класса тренажера – тренажер оператора экскаватора карьерного гусеничного ЭКГ-18Р и тренажер водителя многоосного автомобиля БТР-82А.

ЭФФЕКТЫ ДВИЖЕНИЯ МЕСТ ОПЕРАТОРОВ ЭКГ-18Р И БТР-82А

В табл. 1 приведен перечень основных эффектов, необходимых для воспроизведения на месте оператора в тренажерах ЭКГ-18Р и БТР-82А.

Табл. 1. Эффекты на месте оператора

№ п/п	Эффект	Момент воспроизведения	
		ЭКГ-18Р	БТР-82А
1.	Равномерные вибрации	при ходе экскаватора	при работе двигателя на холостом ходу
2.	Вибрации по высоте различной частоты и амплитуды	при копании, добычи породы	при движении по неровной поверхности (различные типы грунта)
3.	Резкий толчок	при ударе о грунт или другие предметы окружения	при столкновениях, при наезде на препятствия
4.	Центростремительное ускорение	при повороте кузова экскаватора	при повороте техники, заносах
5.	Изменение положения техники в пространстве (α , β)	-	при движении по местности (неровности рельефа)

На рис. 1 показаны задающие воздействия на ДПП от математической модели БТР-82А (имитация проезда канавы - табл. 1 п.5) и от модели ЭКГ-18Р (воспроизведение удара о грунт - табл. 1 п.3).

В зависимости от требований к тренажеру и выбранной модификации динамической платформы, те или иные имитируемые на месте оператора эффекты могут быть исключены по причине невозможности их отработки. Как правило, это связано с необходимостью увеличения мощности приводов платформы для возможности обеспечения значительных ускорений, либо установки дополнительного оборудования (вибромоторов) для имитации вибраций, что в свою очередь повышает стоимость изделия.

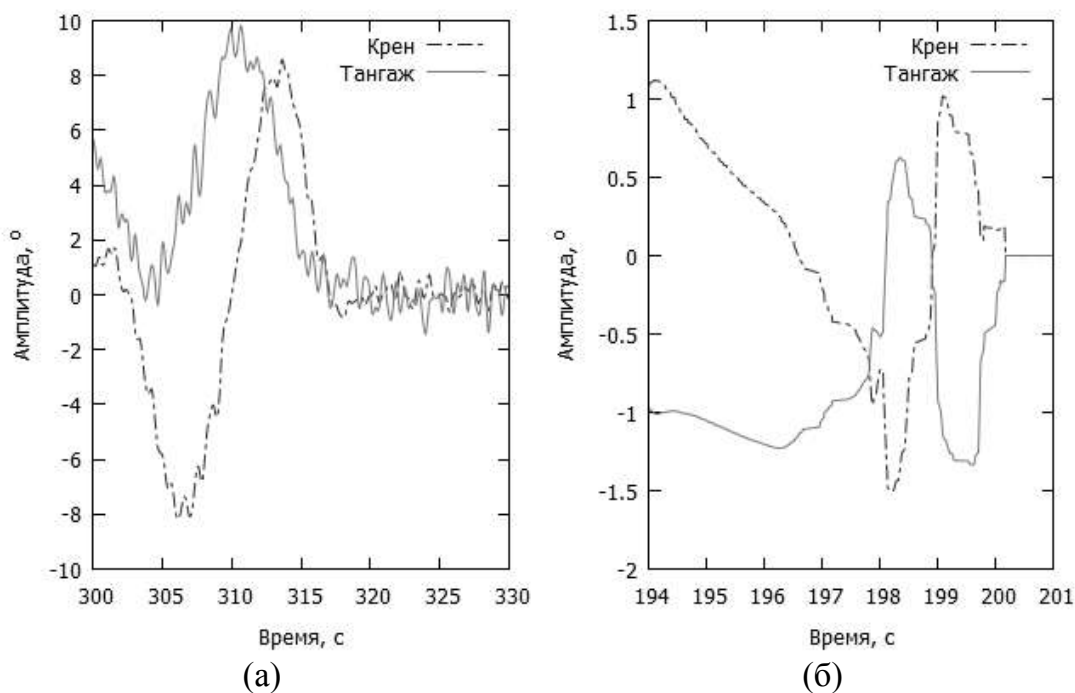


Рис. 1. Типовые эффекты для БТР-82 (а) и ЭКГ-18Р (б)

Рассмотрим основные типы кинематических схем динамических платформ, применяемых в тренажерах авто- и спец- техники.

ТИПЫ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ

Одной из основных характеристик динамической платформы является количество степеней свободы, которое для механизмов параллельной структуры [1], как правило, определяется количеством приводных звеньев.

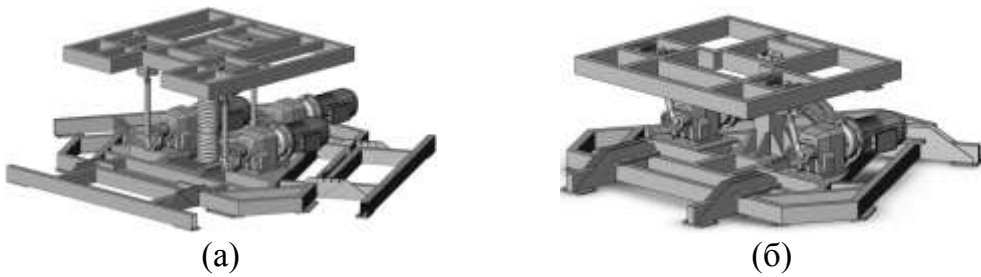


Рис. 2. Типы ДПП на кривошипно-шатунных опорах

Динамическая платформа (рис. 2(а)), обеспечивающая 3 степени свободы (крен, тангаж, подъем), позволяет отработать большую часть необходимых для целей обучения операторов техники эффектов, приведенных в табл. 1. Приводы ДПП через кривошипно-шатунные механизмы осуществляют поступательное движение трех точек подвижной платформы, при этом геометрический центр конструкции соединен с основанием подпружиненной опорой, разгружающей двигателя. Недостатком данной схемы являются паразитные колебания, возникающие по причине наличия пружины, при отработке интенсивных вертикальных движений и тангажировании.

Упрощенным вариантом первой схемы является вариант, изображенный на рис. 2(б), обеспечивающий 2 степени свободы (крен, тангаж). Такая конструкция является более жесткой за счет закрепления верхнего основания на опоре с карданным шарниром. Использование двух двигателей вместо трех делает ДПП более экономичной. Однако в данной схеме горизонтальное положение подвижной платформы является неустойчивым, т.к. при отсутствии удерживающего момента кривошипы перемещаются в нижнюю мертвую точку. Данная особенность затрудняет безударную постановку ДПП на тормоза.

Для обеспечения дополнительной степени свободы в виде рыскания часто используется вспомогательный привод (рис. 3).



Рис. 3. Платформа с дополнительной независимой степенью свободы

В целях увеличения спектра имитируемых эффектов в тренажерах также применяются кинематические схемы с шестью степенями свободы

(рис. 4), звеньями которых могут являться привода как линейного, так и вращательного типа. Платформы позволяют воспроизвести такие специфические движения, как вращение относительно вертикальной плоскости, что важно для тренажеров операторов автотранспорта при моделировании поворотов и заносов техники.



Рис. 4. Динамическая платформа с шестью степенями свободы

ВИДЫ ПРИВОДОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В качестве привода звеньев [2] динамической платформы могут использоваться:

- приводы вращательного типа (мотор-редукторы на базе асинхронных двигателей, сервопривода на базе двигателей постоянного (переменного) тока);
- приводы линейного типа (линейные электромеханические актуаторы, пневмоцилиндры с пропорциональными клапанами, электропневматические цилиндры, гидроприводы).

Выбор типа привода для конкретной динамической платформы определяется главным образом требованиями по экономичности, быстродействию и мощности. Немаловажным критерием является также стоимость комплектующих. В подавляющем большинстве случаев в ДПП тренажеров техники применяется электропривод на базе асинхронного двигателя или сервопривод, обеспечивающие качество отработки эффектов, достаточное для целей обучения и обладающие высокими эксплуатационными характеристиками. В тренажерах, требовательных к воспроизведению резких ускорений, может быть применен гидро- или пневмопривод, однако стоимость обслуживания таких систем оказывается необоснованно высокой.

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Контроллер верхнего уровня (КВУ), осуществляя совместное управление приводами, обеспечивает отработку заданной траектории движения платформы. Варианты системы управления представлены на рис. 5.

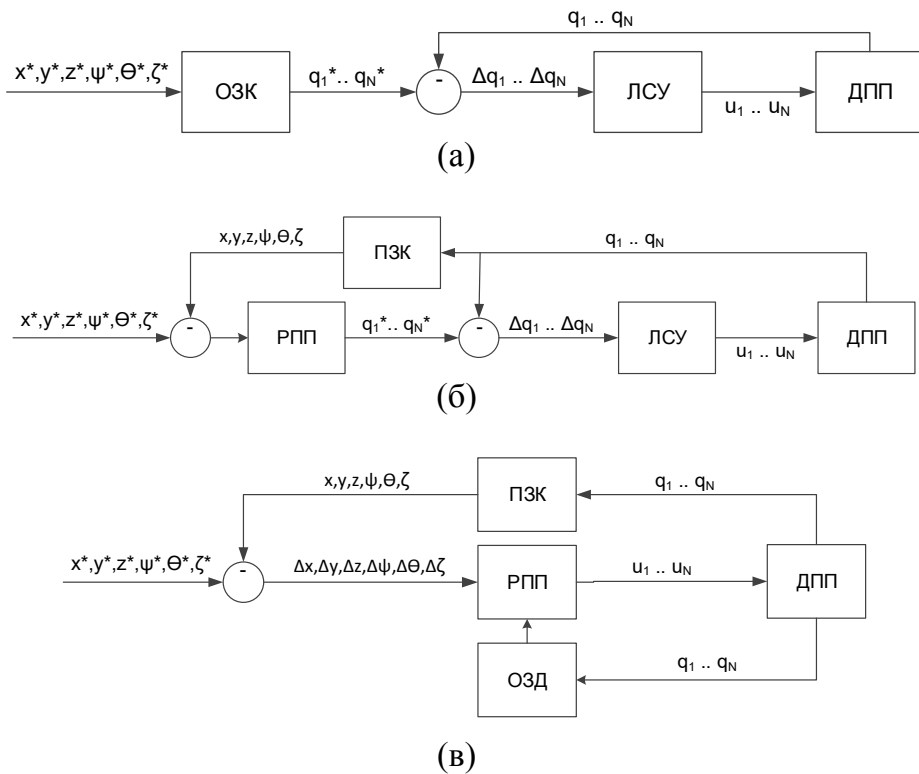


Рис. 5. Структурные схемы системы управления ДПП

На рис. 5(а) показан вариант системы управления в пространстве локальных систем координат приводных звеньев: заданные координаты $x^*, y^*, z^*, \psi^*, \Theta^*, \zeta^*$, путем решения обратной задачи кинематики (ОЗК), преобразуются в обобщенные перемещения $q_1^* \dots q_N^*$ приводных систем. Полученные значения передаются на локальные системы управления (ЛСУ) динамической платформы. ЛСУ вычисляет управляющие воздействия $u_1 \dots u_N$ на приводы платформы по известным ошибкам $\Delta q_1 \dots \Delta q_N$. Данный метод прост в программной реализации, однако применим не для всех входных воздействий, вследствие пренебрежения динамикой платформы.

На рис. 5(б) изображена структурная схема управления по состоянию платформы, в которой регулятор положения платформы (РПП) осуществляет позиционирование приводных систем согласно вычисленным по координатам платформы отклонениям. Текущие координаты получаются путем численного решения прямой задачи кинематики (ПЗК) относительно текущих значений $q_1 \dots q_N$. Подход позволяет получить более качественные переходные процессы, при условии, что постоянная времени привода мала по сравнению с постоянной ДПП.

На рис. 5(в) показана система управления на основе динамической модели, в которой РПП вырабатывает управляющие воздействия на приводы, основываясь как на отклонении по положению платформы, так и на текущих координатах приводов. Данный подход наиболее требователен с точки зрения вычислительных ресурсов и объема исходных данных о ДПП (массо-инерционные характеристики, координаты центров масс, пр.), однако позволяет получить наиболее качественные процессы слежения при отработке различных входных сигналов за счет решения обратной задачи динамики (ОЗД).

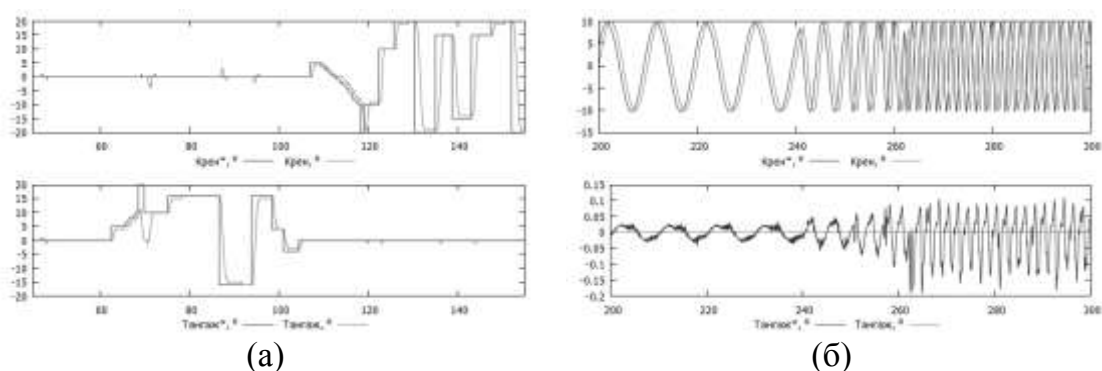


Рис. 6. Реакция системы управления ДПП на ступенчатые (а) и синусоидальные (б) сигналы

На рис. 6 показаны результаты испытаний платформ с приводами вращательного типа. Для реализации системы управления использовался подход, структурная схема которого приведена на рис. 5(а). По графикам отработки задающих воздействий в осях крен-тангаж видно, что процессы при реакции на ступенчатые сигналы (рис. 6(а)) апериодические, время переходного процесса определяется предельной скоростью платформы и транспортной задержкой. При отработке синусоидального сигнала (рис. 6(б)) с увеличением частоты более существенными становятся перемещения по неуправляемым осям. Для улучшения качества переходных процессов применены алгоритмы, схемы которых изображены на рис. 5(б) и рис. 5(в), позволившие устранить паразитные движения при отработке типовых воздействий.

Для проверки конструктивной безопасности позиционирования в установленном режиме были проведены испытания по измерению рабочей зоны ДПП с тремя степенями свободы, характеристический портрет которой приведен на рис. 7.

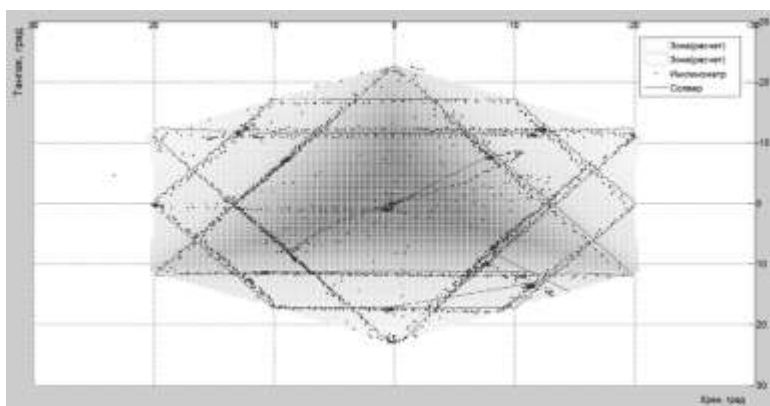


Рис. 7. Результаты измерений рабочей зоны ДПП

На рис. 7 изображены срезы рабочей зоны ДПП в плоскости крен-тангаж. В ходе измерений производилось позиционирование платформы по траектории, показанной сплошной линией (Солвер), с одновременным измерением углов наклона инклинометром с погрешностью $\pm 0,5^\circ$. Как видно из графика, задаваемая траектория сходится с действительной в пределах погрешности прибора. Результат считался удовлетворительным для использования ДПП в целях обучения операторов техники.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье рассмотрены основные подходы к построению динамических платформ подвижности тренажеров авто- и спец- техники: типы кинематических схем, типы приводов, алгоритмы управления положением. Каждый из рассмотренных вариантов накладывает определенные ограничения на аппаратную и программную реализации. В результате исследований наиболее выгодными для применения в тренажерах оказались платформы подвижности с тремя степенями свободы и приводом вращательного типа.

В качестве основного алгоритма управления был выбран подход, базирующийся на решении обратной задачи кинематики. Для устранения выявленных недостатков были применены алгоритмы, учитывающие текущее положение и динамику платформы, которые позволили воспроизвести обратные тактильные воздействия на месте оператора, максимально приближенные к реальным.

ССЫЛКИ

- [1] В.А. Глазунов, А.Ш. Колискор, А.Ф. Крайнев, *Пространственные механизмы параллельной структуры*. (М.: Наука, 1991)
- [2] J.-P. Merlet, *Parallel robots*. (Sophia-Antipolis, France, Springer, 2006)



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

HIERARCHICAL CONTROL SYSTEM FOR MULTILINK MANIPULATOR

Pavel Ganin

Control and Informatics Department
National Research University «MPEI»
Krasnokazarmennaya Street, 14
111250 Moscow, Russia
e-mail: GaninPY@mpei.ru

Abstract

This article describes the principle of constructing hierarchical control system for a multilink manipulator. The system is autonomous and can be adapted to various manufactures. Considered construction is the most popular type - manipulator "arm". For current construction was performed the manipulator workspace. Also in the paper considered solution of direct and inverse kinematics. The solution of the inverse problem is carried out by using numerical iterative methods (Newton-Raphson method). Electrical motors were chosen as an actuators and programmable logic controller as a base of control system. For the control system parameters calculation and simulation of the motion process is using a virtual model that constructed by Matlab software product and Simulink SimMechanics with VR extension packages. The motion of the model is implemented in a virtual reality environment Matlab VR Sink. This makes it possible to evaluate the quality of the transient processes. The developed control system and virtual model were tested with using the physical equipment. The paper describes an example of building a physical model that based on step motors Festo. The Siemens PLC has been selected as the base of control system. Motion control is performed by using various types of control systems (based on P, PI and PID controllers). Remote control environment that based on Matlab GUI is providing simple interaction with virtual model and the physical equipment. Using the graphical user interface and PLC makes it possible to change parameters in real time and remotely control the system.

INTRODUCTION

Industrial robotics is one of the new areas of automation in manufacture. Using of these systems allow human to simplify the work in many cases even replace the human.

Currently, industry is actively developing and improving technology. Modern manipulators are devices with new high properties: autonomy and the ability to operate automatically by a given program, versatility, ability to move objects in the space with various types of complex spatial trajectories and pairing with a sufficiently large number of industrial equipment standards.

During the creation, production and implementation of robots we had to deal with scientific and technical problems such as methods of the manipulator control and coordinate calculations. Virtual models are simplify these tasks, they allows estimating the kinematics and dynamics of the robot. The greatest success in this area belongs to the KUKA Roboter company [1].

The paper shows how to simulate the industrial robot (manipulator) and its control system with using Matlab software. The construction of the manipulator has five degrees of freedom, which provided by electrical motors. In comparison with other similar works, in this paper the visualization of the robot motion process was built with using 3-D modeling [2].

Step motors were chosen as the actuators in physical model, because this type of engines is the most common in the industrial automation. It is caused by the fact that these engines meet all the requirements, which the industry calls. This type of engines have high competitive advantages (high accuracy and low price) compared with other types of engines (servo, asynchronous and synchronous motors) [3].

SCADA-systems and other graphical interfaces providing real-time acquisition, processing, monitoring and archiving of the information from control system. This article shows the Matlab GUI applying for the control system. Siemens PLC gives the opportunity to produce real-time graphical interface for the control system.

MECHANICAL STRUCTURE

The manipulator include series-connected links, the first is connected to the support post, and the last is equipped with working tool (the gripper). Connection of two links is a compound that has only one degree of freedom (rotation). The links involved in relative motion, in which reached a certain position and orientation of the working body in space. The construction of the manipulator (fig.1) depends on its usage area and requirements.

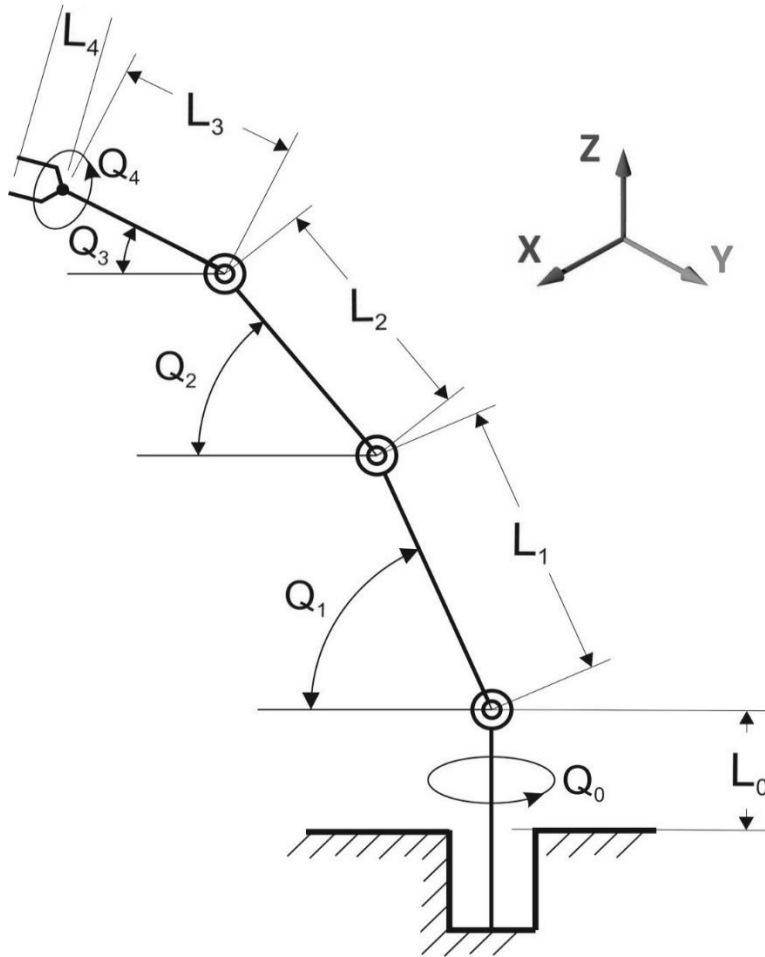


Fig.1. Mechanical scheme

Forward kinematics

In order to describe the position of gripper in space is necessary to solve the problem of forward kinematics, which is reduced to the definition of established connections between the absolute (base coordinate system) and the relative coordinate systems. Achieve the solution of this problem is possible in different ways, such as: matrix transformations of coordinate systems; establish a system geometrical coordinates according the mechanical scheme. The following system of equations we received, by applying the last method that based on the mechanical structure:

$$\begin{cases} x = L_1 \cdot \sin Q_1 \cdot \cos Q_0 + L_2 \cdot \sin(Q_1 + Q_2) \cdot \cos Q_0 + (L_3 + L_4) \cdot \sin(Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot \cos Q_0, \\ y = L_1 \cdot \sin Q_1 \cdot \sin Q_0 + L_2 \cdot \sin(Q_1 + Q_2) \cdot \sin Q_0 + (L_3 + L_4) \cdot \sin(Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot \sin Q_0, \\ z = L_0 + L_1 \cdot \cos Q_1 + L_2 \cdot \cos(Q_1 + Q_2) + (L_3 + L_4) \cdot \cos(Q_1 + Q_2 + Q_3); \end{cases}$$

where $L_0 - L_5$ – links parameters (constant); $Q_0 - Q_3$ – rotation angles (variable); x, y, z – coordinates of the gripper. It is not difficult to find out this coordinates, if all the parameters of the state are known.

Inverse kinematics

The inverse problem is to determine the variables of the manipulator parameters (rotation angles) at a predetermined position of the gripper. Methods for solving the inverse problem are divided into exact and approximate. When using the exact methods the required rotation angles can be obtained in the form of analytical dependence. In this case, process of finding solution is reduced to the calculation of the values that previously obtained in analytical dependences. Unfortunately, the exact solution is not possible to obtain for each of manipulator schemes. To resolve this problem, applied approximate methods - methods of numerical solutions of the constraint equations. They allow us to find solutions for any kinematic schemes, but these methods have some disadvantages (higher accuracy - longer calculations) that causes by the iterative approach.

One of the most popular way to solve the inverse kinematics problem is a numerical method of Newton-Raphson. It is an iterative numerical method for finding solution for a system of equations [4]. Process of the solution finding is depend on constructing the successive approximations and is based on the principles of simple iteration. The feature of this method is that the optimization step takes place at each subsequent iteration (increase or decrease). The drawbacks of this method are the necessity of a first approximation of the solution and the restrictions that associated with precision of calculations.

Also for solve the inverse problem is possible to use neural networks. The principle of this method is based on adaptive neural network training (Adaptive neuro fuzzy inference system, ANFIS) on the forward problem. Neural network training takes a long time, and this method has a relatively low accuracy.

Manipulator workspace

The working area is one of the most important parameters of the manipulator. It is area where in each point it is possible to set the manipulator. Proceeding from the direct problem solution and using a system of equations, we can draw the workspace of the manipulator - his working area (fig.2).

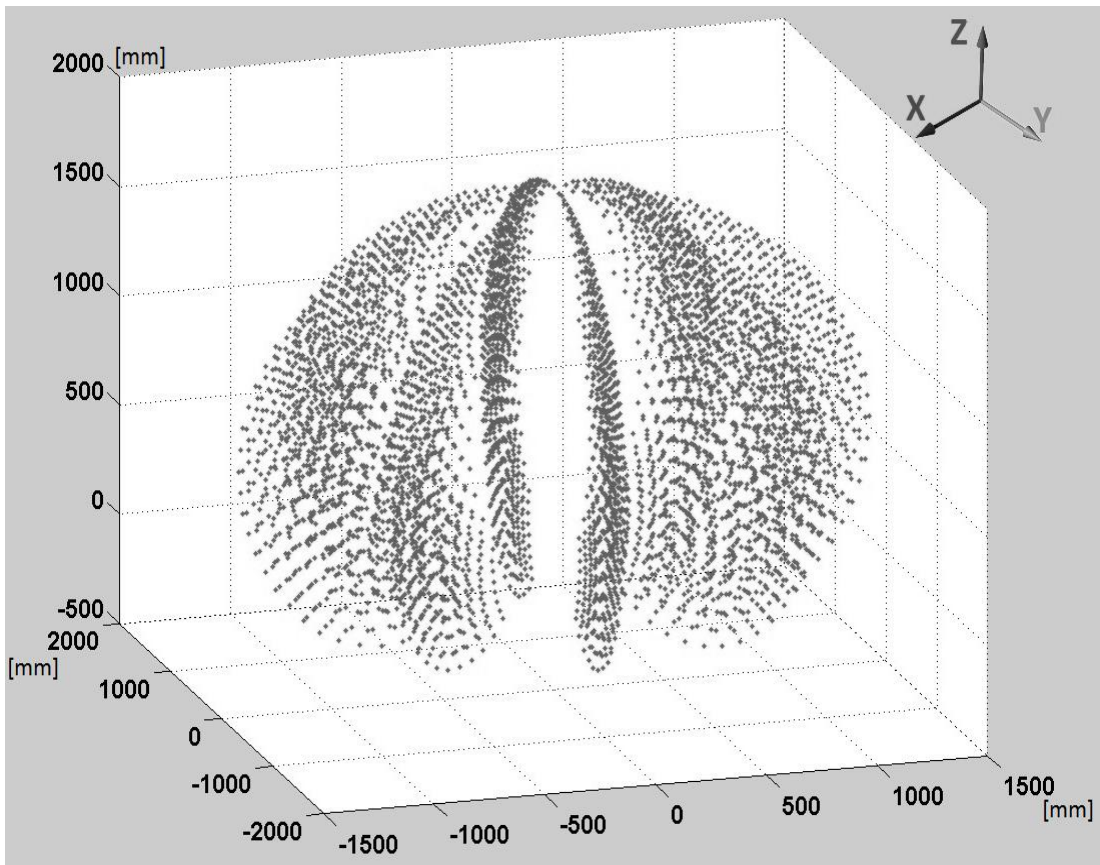


Fig.2. Mnaipulator workspace

VIRTUAL MODEL

The virtual model, which will have all the kinematic and dynamic properties, could be constructed with using Matlab Simulink environment [5]. For this purpose is SimMechanics - Simulink's extension pack for modeling mechanical systems. Virtual model of the manipulator includes the following units:

- **Mechanical block:** This block reflects the structure of the manipulator, all the physical and mechanical properties of links and joints;
- **Control system block:** This block controls mechanical and virtual model. Also, the scope of this block includes reading and converting data from physical model;
- **Block of VR:** This block generates visualization of motion process.

The virtual world for the manipulator could be performed with using special software. For Matlab Simulink Virtual Reality there is a built-in editor of the virtual world VRealm. The model and virtual world construction is implemented by VRML language (Virtual Reality Modeling Language).

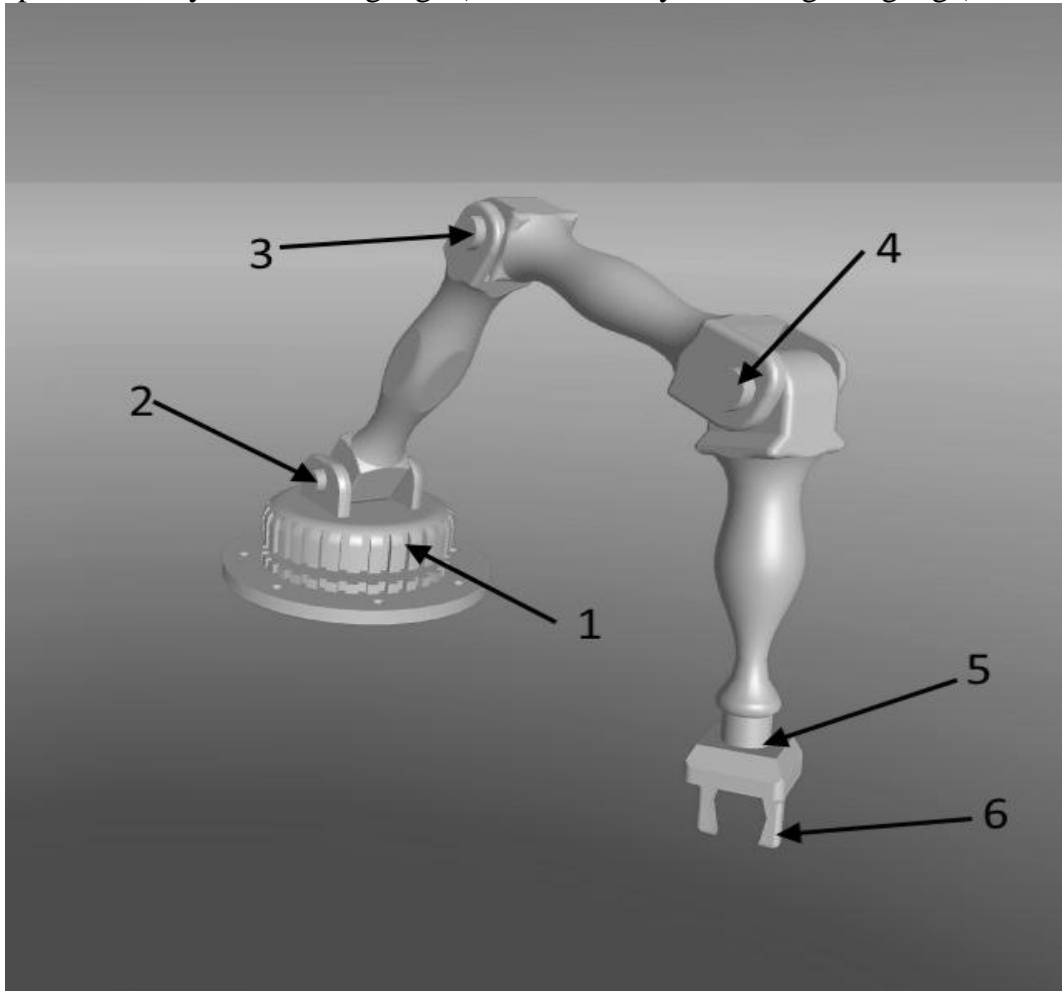


Fig.3. Manipulator 3-D model

Virtual model of industrial manipulator (fig.3) include the following parts: base 1 that rotate manipulator around Z-axis; links 2, 3 and 4; gripper 6 with rotation base 5.

Graphic user interface

The graphic user interface for the manipulator were designed with Matlab GUI software. This interactive interface allows the user to control the engines and the virtual model of the manipulator. GUI interface simplifies and limits user interaction with the equipment, and this interface enables to solve other additional tasks (forward and inverse kinematic problems, manipulator workspace, etc.).

PHYSICAL MODEL

Physical model could include different equipment that depends on tasks. In this paper for the actuators considered electrical engines. There are several basic types of motors (synchronous and asynchronous servomotors, step motors), each of them have advantages and disadvantages. Also, each of the motors have different types of features and modifications (control methods, additional structural elements and sensors, etc.). For the developed model were chosen electrical step motors Festo.

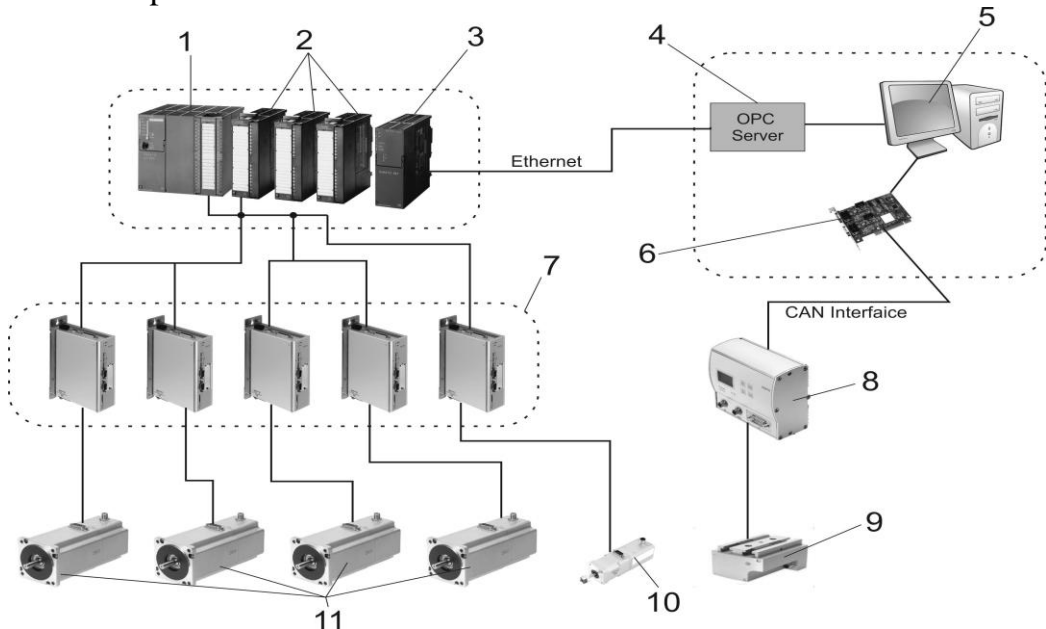


Fig.4 Manipulator functional diagram

The control system of the manipulators physical model (fig.4) include: step motors Festo (10, 11) that performs links rotation; low-level controllers (7) for the motors; personal computer (5) for the coordinate calculation; PLC Siemens with extension modules (1-3) that controls technical process; communication of PLC and PC is organized by the OPC-server (4) and Ethernet commutation; main tool of the manipulator is Festo gripper (9), which controls by the own controller (8); data transferring between PC and gripper is realized by the special control card (6) and via CAN-interface.

CONCLUSION

The paper presents modeling and simulation of the industrial manipulator and its control system with using Simulink software product. This model allows to evaluate the static and dynamic characteristics of the manipulator. The developed model could be adapted to various constructions of manipulators. Results of the work is possible to interpret and solve other similar tasks.

For the current construction was built a virtual environment of motion simulation with VRML and 3-D model. This environment allows to present interactive simulation of motion and allows to evaluate the characteristics of control system. The 3-D model could be constructed with CAD systems, in this paper for this purpose were chosen Kompas 3D.

As an example, in paper considered physical model of the manipulator with electrical step motors Festo. For current actuators were designed functional circuit and assembled all this equipment. Control operations of the constructed system are proving by the programmable logical controller Siemens 300 series. As a result, the physical model has several advantages, such as high reliability, due to the use of industrial equipment; high performance of control system that provided by separating calculation center (PC) and control center (PC); flexible control system for physical model gives opportunities to make modifications.

In addition, one of the problems that were solved in the work is the construction of a simple, intuitive graphical interface to interact with both engines individually and the system as a whole. This interface was built with using Matlab GUI software. The GUI interface allows to solve the following tasks: direct control of the motor speed; construction of the manipulators workspace; forward and inverse kinematics of the manipulator; positioning the manipulator at a predetermined point; configuring and adjusting of control parameters; providing access to a virtual model with the possibility of switching the driving mode (data from the engine or the model).

Future plans for this project include the following tasks:

- implementation of the physical model as an assembled construction;
- realize the possibility of barriers identification and ability of overcome them.

REFERENCES

- [1] KUKA Roboter, Available from: <http://www.kuka-robotics.com> (Date: 10.03.2016)
- [2] Ganin P.E.; Kobrin A.I.; Belousov M.I.; Shilin D.V., "Simulation Manipulator Based on Step Motors Festo", DAAAM International Scientific Book 2015, p. 127-134 (2015)
- [3] Kargu A.P., "The motor and drive. Selection of the type of electric motor" Available from <http://electroprivod.ru> (Date: 6.03.2016)
- [4] Khamsi M.A., Knaust H., "The Newton-Raphson Method" Available from: <http://www.sosmath.com> (Date: 15.03.2016)
- [5] Musalimov V.M., Zamaruev G.B., Perechesova A.D., Nuzhdin K.A., "Modeling of mechatronic systems in MATLAB (Simulink / SimMechanics)", SPb: ITMO (2013)



NCSIE

Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПО ПРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ

Александр Кобзев, Юрий Мишулин,
Владимир Немонтов, Анастасия Лекарева

Кафедра МиЭСА
Владимирский государственный университет имени Александра
Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
ул. Горького, 87
600000 Владимир, Россия
e-mail: kobzev42@mail.ru

Реферат

Одним из перспективных подходов к организации управления мобильными роботами при движении по пресеченной местности является реализация управления с прогнозированием. В систему вводится прогнозирующий контур, осуществляющий синтез траектории движения с упреждением, а также прогнозирование скорости и направления движения по заданной или вновь сформированной траектории. В функции ошибок между основным и прогнозирующим контуром формируется дополнительное упреждающее управление приводами изменения скорости гусениц, а, следовательно, изменятся траектория движения. Управление базируется на положениях теории инвариантности. В работе представлены результаты исследования алгоритмов управления движением мобильным роботом с прогнозированием, в процессе движения по траектории с препятствиями. Анализ полученных результатов показал высокую эффективность применения прогнозирующего управления, а также отсутствие траекторных ошибок движения.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитие мировой робототехники и технологий, с ней связанных, стремительно нарастает в сторону «интеллектуализации» мобильных роботов (МР), получающих все более широкое применение в различных областях человеческой деятельности. Интеллектуальный МР – это сложная мехатронная система, способная воспринимать и анализировать окружающую среду для реализации автономной навигации и движения к заданной позиции с целью выполнения определенных указаний (перемещение грузов, исследование местности и т.п.).

Всё многообразие работ, выполняемых мобильными роботами можно условно разделить на несколько групп:

1) инспекция – визуальный и радиационный контроль, определение физического состояния местности (состава атмосферы, воды, земного покрытия), объектов, оборудования (с земли, с воздуха, в воде); снятие показаний контрольно-измерительной аппаратуры; выявление мест утечек в трубопроводах и оборудовании;

2) погрузо-разгрузочные и транспортные работы – доставка различных технических средств (материалов, инструмента, емкостей и др. объектов); расчистка проходов, устройство транспортных путей; разборка завалов, укреплений или обрушений неустойчивых конструкций;

3) манипуляционные работы – монтаж и демонтаж оборудования и конструкций; нанесение покрытий, удаление покрытий; сварка и резка труб, металлоконструкций; сверление и фрезерование; бандажирование течей на трубопроводах; работа со взрывчатыми, радиоактивными и другими опасными материалами;

4) очистка – дезактивация местности, строений, помещений, конструкций и оборудования; откачка воды из затопленных помещений;

5) строительно-восстановительные работы;

6) пожаротушение, включая разведку очагов пожара, локализацию и тушение пожаров;

7) спасение людей - поиск людей в местах их блокировки; эвакуация людей из мест чрезвычайных ситуаций.

Для решения задач навигации управления движением автономных мобильных роботов в незнакомой среде необходимо использовать локальный мониторинг среды с помощью датчиков (сенсоров) робота, моделирование препятствий, планирование безопасных маршрутов и адаптивное управление движением роботов. Одним из перспективных подходов, получающих всё более широкое применение, повышения

«интеллектуализации» мобильных роботов, является организация управления с прогнозированием [1, 2].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель прогнозирующего управления состоит в реализации следующих функций:

- 1) повышение точности при движении по заданной трассе;
- 2) коррекции программной траектории с учетом анализа воздействий рельефа внешней среды, а также препятствий, не отмеченных на карте местности первого уровня,
- 3) формирование дополнительного упреждающего воздействия на приводы, реализующие управление скоростью вращения колес (гусениц).

Рассмотрим функциональную схему системы управления (САУ) движением транспортным средством, представленную на рис. 1. На схеме условно приняты следующие обозначения: 1) УФУВ – устройство формирования управляющего воздействия на приводы, реализующие управление скоростью вращения левой и правой гусениц; 2) САУ Гл, САУ Гп – система управления движением левой и правой гусеницы соответственно; 3) ВС – внешняя среда; 4) ИС – информационная система; 5) СТЗ – система технического зрения; 6) КТсПА – устройство коррекции траектории движения с прогнозирующим анализатором.

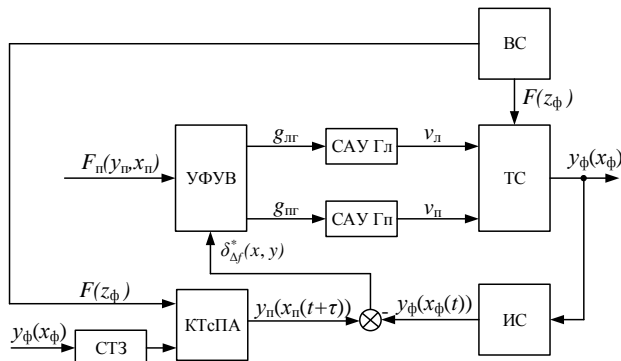


Рис. 1. Функциональная схема системы управления движением мобильного робота по местности с прогнозированием

САУ траекторным движением ТС включает в себя две САУ управлением движением каждой гусеницей ТС – левой САУ Гл и правой САУ Гп. Движение ТС осуществляется совместной работой гусениц. Программная траектория вводится в УФУВ как функция $F_n(y_n, x_n)$. Для изменения траектории по сигналам с формирователя управляющих

воздействий изменяется скорость одной из гусениц, что приводит к повороту корпуса ТС, т.е. изменению траектории движения. УФУВ разлагает заданную траекторию движения на управляющие для САУ гусениц сигналы: для левой гусеницы $g_{л}(t)$, для правой – $g_{п}(t)$. Формирует код ошибки между сигналом задания и главной обратной связи подсистем управления гусеницами и преобразует его в напряжение, передаваемое на вход приводов изменения скорости гусениц.

Блок КТсПА синтезирует траекторию движения с упреждением, анализируя: 1) информацию, получаемую от СТЗ о ближайшем участке местности (с выделением непреодолимых препятствий и опасных или неясных участков). Фактические координаты ТС получаются с гироскопических датчиков; 2) внешние воздействия со стороны рельефа внешней среды на ТС. Затем в функции разности между фактической и прогнозируемой траекториями $\delta_{\Delta}^*(x, y)$ формируется дополнительное управление приводами МР с учетом упреждения.

В процессе траекторного управления МР с прогнозированием реализуется три группы алгоритмов:

- 1) алгоритмы прогнозирования траектории;
- 2) алгоритмы формирования программной траектории и управляющих воздействий для подсистем управления скоростями гусениц;
- 3) алгоритмы прогнозирующего управления траекторией движения.

АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ

При реализации управления движением МР с прогнозированием необходима оперативная информация о координатах рельефа местности с упреждением во времени для введения соответствующих поправок в систему управления движением. Первичная информация о текущих координатах поступает с навигационной системы.

Прогнозатор формирует последующие координаты с упреждением на определенное время, определяемое динамикой МР. Алгоритм работы модуля КТсПА определяется главным образом типом прогнозирующей функции. При выборе метода прогнозирования рельефа местности для подвижного объекта требуется получить наилучшее в определенном смысле приближение функции, отражающей состояния рельефа, при минимальном числе измеренных значений.

В работе [3] представлены результаты исследования точности способов прогнозирования движения, основанных на фактографических методах прогнозирования с использованием статистического анализа. Согласно, полученным результатам, предпочтительно построение

прогнозирующего анализатора с использованием интерполяционной формулы Ньютона, основными достоинствами которой являются высокая точность вычислений при сравнительно небольшом их объеме, простота алгоритма.

АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОЙ ТРАЕКТОРИИ И УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В настоящей работе для управления движением МР по заданной траектории в автономном (программном) режиме рассматриваются методы и алгоритмы разложения заданной траектории на управляющие воздействия для приводов гусениц, применяемые в технологическом оборудовании (станки с ЧПУ, промышленные роботы), а именно, известные алгоритмы интерполяции, работающие по методу оценочной функции, с коррекцией расчетных координат в зависимости от типа привода МР [4].

Алгоритмы, работающие по методу оценочной функции, решаются с помощью классических методов дискретного целочисленного программирования. Суть этих алгоритмов заключается в том, что в каждом цикле расчета приращений необходимо минимизировать соответствующие целевые функции в форме с неотрицательными коэффициентами и переменными и при ограничениях в форме с неотрицательными переменными (рис. 2).

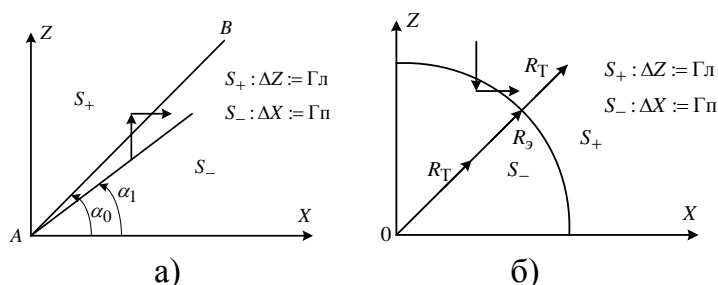


Рис. 2. Формирование траектории движения ТС

АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЕЙ ДВИЖЕНИЯ

Результатом работы прогнозирующего устройства в процессе непрерывного анализа текущей ситуации движения МР является прогнозирование скорости (включая скорость вращения правой и левой гусениц) и направления перемещения объекта, их коррекция при превышении предельно допустимых значений для обеспечения

возвращения на заданную траекторию, а также их прогнозирование в режиме движения по вновь сформированной траектории.

В функции ошибки между ошибками основного контура и прогнозирующей модели $\delta_{\Delta}^*(x, y)$ формируется дополнительное управление приводами гусениц МР с учетом упреждения. Управление основано на положениях теории инвариантности. При этом возможны два способа коррекции. Первый способ предполагает формирование автономной составляющей в текущее управление. Согласно второму способу формирование дополнительной составляющей осуществляется на стадии разложения программной траектории на управляющие для приводов воздействия. Коррекция выполняется на программном уровне и не влечет изменений основного контура привода, т.е. не затрагиваются внутренние свойства, а, следовательно, и динамические характеристики привода [5, 6]. Структурная схема для системы управления приводами изменения скорости гусениц, реализованная согласно способу 2, приведена на рис. 3. На рисунке кроме общепринятых обозначений в САУ принято: $W_1(p)$ - регулятор привода изменения скорости гусеницы; $W_2(p)$ - исполнительный элемент привода; $W_3(p)$ - непосредственно транспортная система.

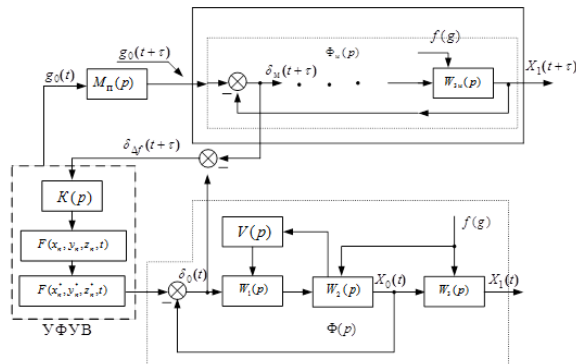


Рис. 3. Структура САУ с параллельной прогнозирующей моделью

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование управления движением МР с прогнозированием при выявлении препятствий на траектории проводилось в пакете Simulink программы MatLab. На рис. 4 представлена траектория движения МР. Исходная программная траектория движения, формируемая на основе карты местности первого уровня, обозначена цифрой 1. Фактическая траектория движения ТС, формируемая блоком КТсПА с учетом сенсорной информации о внешней среде, выявившей препятствие на исходной траектории, представлена на рис. 4, цифрой 2. Формирование

новой траектории движения ТС базируется на основе процедур линейной интерполяции по методу оценочной функции. В качестве информации, являющейся входными данными, используются показания дальномеров с последующей обработкой полученных данных для определения размеров препятствия и формирования новой траектории.

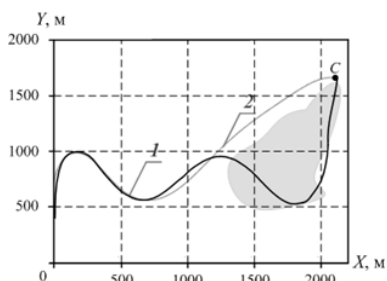


Рис. 4 Траектория движения мобильного робота

На рис. 5 представлены характеристики движения ТС. На рис. 5,б цифрами обозначены: 1 – график изменения угловой скорости ω МР при движении по траектории с прогнозированием; 2 – график коррекции $\Delta\omega$ в канале угловой скорости ω МР в процессе движения по траектории с прогнозированием. На рис. 6,в цифрами обозначены: 1 – график изменения линейной скорости v МР при движении по траектории с прогнозированием; 2 – график коррекции Δv в канале линейной скорости v МР в процессе движения по траектории с прогнозированием. Анализ полученных результатов показал отсутствие ошибок движения МР, как по исходной, так и по вновь сформированной траектории.

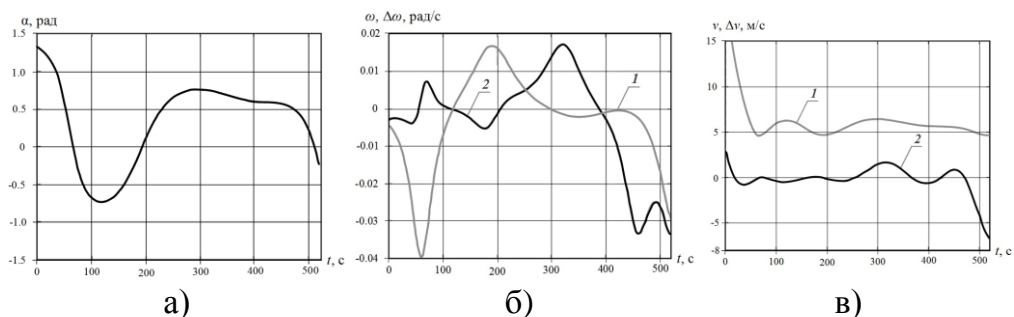


Рис. 5. Характеристики движения МР во времени:

а) график изменения величины угла α между вектором линейной скорости МР v и положительным направлением оси OX ; б) график изменения угловой скорости ω МР в процессе движения по траектории; в) график изменения линейной скорости v МР в процессе движения по траектории

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе траекторного управления МР с прогнозированием реализуется три группы алгоритмов: прогнозирования траектории; формирования программной траектории и управляющих воздействий для подсистем управления скоростями гусениц; прогнозирующего управления траекторией движения. При выборе метода прогнозирования рельефа местности для подвижного объекта требуется получить наилучшее в определенном смысле приближение функции, отражающей состояния рельефа, при минимальном числе измеренных значений.

Формирование дополнительных упреждающих воздействий на приводы гусеничных колес реализуется с применением методов самонастройки в функции ошибок основного контура и прогнозирующей модели. Результаты проведенных исследований подтверждают работоспособность рассмотренных алгоритмов.

ССЫЛКИ

- [1] HE Hangen, Timofeev A.V., XU Xin (Eds.). On-line Local Monitoring and Adaptive Navigation of Mobile Robots on Environment with Unknown Obstacles // Proceedings of ACAT'2002. Moscow, 2002. – P. 54-56.
- [2] Robin R. Murphy, Ken Hughes, Alisa Marzilli and Eva Noll. Integrating explicit path planning with reactive control of mobile robots using Trulla // Robotics and Autonomous Systems. – 1999 – V. 27 – P. 225-245.
- [3] Кобзев А.А. Выбор прогнозирующих функций в задачах навигации и управления / А.А. Кобзев, Ю.Е. Мишулин, Н.А. Новикова, А.В. Лекарева // Оборонная техника. – 2014. – №6 – С. 189-192.
- [4] Кобзев А.А. Динамическая коррекция программного движения в системах ЧПУ // Проектирование и технологии электронных средств. – 2002. – №1. – С.21-24.
- [5] Кобзев А.А. Исследование алгоритмов динамической коррекции движения в робототехнических системах / А.А. Кобзев, Н.А. Новикова, А.В. Лекарева, А.А. Махфуз // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №3 [Электронный ресурс]. URL: www.science-education.ru/117-13573 (дата обращения: 18.06.2014).
- [6] Кобзев А.А., Новикова Н.А., Лекарева А.В. Исследование алгоритмов адаптации управляющего воздействия для приводов робототехнических систем с помощью симулятора межкоординатных перемещений // Известия ВУЗ. Электромеханика. – 2015. – №3. – С. 50-55.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

КОМПЛЕМЕНТАРНАЯ КОРРЕКЦИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРНЫМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Анастасия Лекарева

Кафедра МиЭСА

Владимирский государственный университет имени Александра
Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

ул. Горького, 87

600000 Владимир, Россия

e-mail: tasya671@rambler.ru

Реферат

В работе рассматриваются результаты исследования обеспечения инвариантности ошибки по возмущению в системах автоматического управления многокоординатным технологическим оборудованием. В основе управления лежит четвертая модифицированная форма инвариантности, реализуемая применением методов самонастройки. В качестве объекта исследования выступает технологический манипулятор для резки нефтепроводов. Представлены результаты работы контура адаптации, реализующего формирование дополнительного управления в функции нерасчетного возмущения предыдущей координаты, при движении по типовым технологическим траекториям. Анализ полученных результатов свидетельствует о целесообразности применения рассматриваемых алгоритмов. Необходимо введение в канал адаптации звена с переменным коэффициентом передачи.

ВВЕДЕНИЕ

Широкая вовлеченность манипуляторов в различных технологических операциях, выполняемых по некоторой заранее заданной или неопределенной

траектории, а также высокие требования по точности к реализуемым процессам значительно повышают актуальность решения задач повышения характеристик управления в таких системах. Эта проблема особенно актуальна в технологическом оборудовании с большим моментом инерции и высокой динамикой. Характерной особенностью объектов управления здесь является возникающее при изменении управляющего или возмущающего воздействия геометрически-силовое взаимовлияние координатных приводов. Она также имеет место в случаях, когда действительная траектория отличается от программной и требуется переход на фактическую, например, при управлении мобильными роботами, роботами для гидрорезания нефтепроводов. В конечном итоге, задача управления состоит в обеспечении технологического процесса, выполняемого по заданной траектории с обеспечением требуемого вектора усилия с одновременным парированием влияния внешних возмущений.

Среди известных методов построения систем автоматического управления рассматриваемого типа следует особенно выделить методы комбинированного управления, основанные на положениях теории инвариантности. По сравнению с другими методами коррекции введение инвариантных входов повышает точность, не изменяя свойств замкнутого контура системы. Универсальной является вторая форма инвариантности, однако она требует получения n производных, где n – порядок системы, что при их числе более двух трудно реализуется. Большими возможностями для обозначенного класса систем управления обладает модифицированная четвертая форма инвариантности. При этом дополнительная составляющая для парирования внешних возмущений вводится в только управляющее воздействие, а не в каждый канал по своему воздействию, как предусматривает классическая трактовка четвертой формы инвариантности [1].

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ЧЕТВЕРТАЯ ФОРМА ИНВАРИАНТНОСТИ

Реализация модифицированной четвертой формы инвариантности возможна использованием методов самонастройки [2]. При этом возможны два простых способа коррекции. Первый предусматривает формирование дополнительной составляющей в уже сформированное управляющее воздействие. Вторым способом состоит в коррекции на стадии формирования задающих для приводов воздействий в устройстве формирования управляющих воздействий (УФУВ) [3].

Структурные схемы САУ с формированием дополнительного управления представлены на рис. 1. На схемах обозначены: $W_1(p)$ – передаточная функция привода с кинематической передачей и объектом управления; $W_0(p)$ – передаточная функция смежной координаты; $V(p)$ – передаточная функция привода по возмущению; $K(p)$ – передаточная функция звена адаптации управляющего сигнала; g_0, f – управляющее и возмущающее воздействия привода соответственно; X, X_0 – непосредственно регулируемая координата и координата смежного привода соответственно; δ – суммарная ошибка системы;

Δf – отклонение фактического усилия от расчетного; δ_{f0} – составляющая ошибки системы, обусловленная расчетным возмущающим воздействием; $\delta_{\Delta f}$ – моментная составляющая ошибки; Δg – дополнительная составляющая управляющего воздействия.

Для формирования алгоритмов дополнительного управления используется методика, предложенная в работах [4]. Дополнительная составляющая является функцией моментной ошибки от нерасчетного возмущения $\delta_{\Delta f}$. Для выделения интересующей нас составляющей ошибки можно использовать информацию с силомоментных датчиков или обработать сигнал тока исполнительного двигателя. При их отсутствии эту составляющую можно получить обработкой суммарной ошибки в контуре системы. Для систем с бесконтактным технологическим процессом (сварка, гидрорезание) под значением $\delta_{\Delta f}$ понимается разность программной траекторий и фактической технологической поверхностей в системе координат программной траектории.

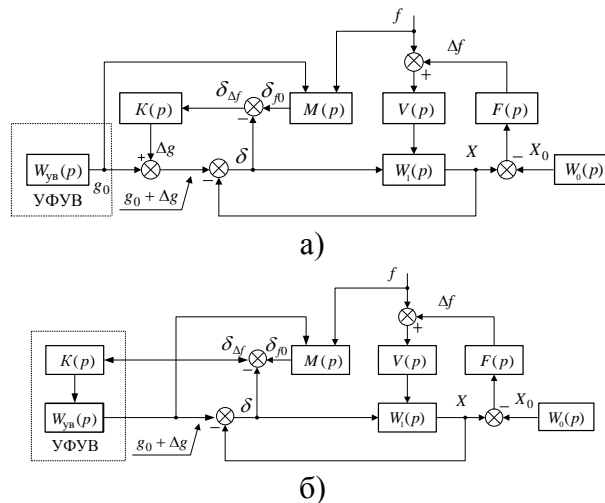


Рис.1. Структурные схемы САУ с формированием дополнительного управления

Обратимся к двухкоординатной системе, работающей в декартовой системе, в плоскости XOZ и выполняющей, например, технологический процесс сборки путем перемещения детали, расположенной в исполнительном устройстве по технологической траектории. Все многообразие возмущающих факторов приводит к отклонению фактической траектории от программной, и нарушению расчетного режима по усилию техпроцесса. Необходимо определить дополнительную составляющую в управляющем воздействии, идентифицирующую программную траекторию к фактической.

Изображение ошибок в каналах исходных приводов определяется из выражений

$$\begin{aligned} H_x(p)\delta_x(p) &= B_x(p)g_{xz}(p) + L_x(p)f_{xz}(p) \\ H_z(p)\delta_z(p) &= B_z(p)g_{zx}(p) + L_z(p)f_{zx}(p), \end{aligned} \tag{1}$$

где $H_i(p) = A_i(p) + B_i(p)$: $A_i(p)$, $B_i(p)$ – полиномы числителя и знаменателя передаточной функции САУ по i -ой координате соответственно; $L_i(p) = B_i(p)Cd_i(p)$: $Cd_i(p)$ – передаточная функция САУ по возмущающему воздействию по i -ой координате; $g_{xz}(p)$, $g_{zx}(p)$; $f_{xz}(p)$, $f_{zx}(p)$ – соответственно проекции вектора задания $G(x,z)$ и возмущения $F(x,z)$ в операторной форме.

С учетом отклонения вектора возмущения Δf и введения дополнительного управления Δg система (1) дополняется соответствующими членами и принимает вид:

$$\begin{aligned} H_x(p)\delta_x(p) &= B_x(p)g_{xz}(p) + L_x(p)f_{xz}(p) + L_x(p)\Delta f_{xz}(p) + B_{2x}(p)\Delta g_{xz}(p); \\ H_z(p)\delta_z(p) &= B_z(p)g_{zx}(p) + L_z(p)f_{zx}(p) + L_z(p)\Delta f_{zx}(p) + B_{2z}(p)\Delta g_{zx}(p). \end{aligned} \quad (2)$$

Для системы (2) условие выполнения *четвертой модифицированной формы инвариантности* относительно дополнительных возмущений $\Delta f_{xz}(p)$, $\Delta f_{zx}(p)$ запишется как

$$\begin{aligned} L_x(p)\Delta f_{xz}(p) + B_{2x}(p)\Delta g_x(p) &= 0; \\ L_z(p)\Delta f_{zx}(p) + B_{2z}(p)\Delta g_z(p) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Вне зависимости от способа разложения заданной геометрической траектории на управляющие функции (независимые или параметрические) одна из координат может рассматриваться как аргумент, а другая как его функция. Это дает возможность выполнения условия (3) в различных вариантах формирования составляющих $\Delta g_x(p)$, $\Delta g_z(p)$:

- введение дополнительных составляющих в каждом канале;
- введение дополнительной составляющей в канале координаты-функции (координата-аргумент без изменения);
- перекрестной коррекцией (выделение дополнительного возмущения в одном канале и введении дополнительного управления в другом).

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ КОРРЕКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РОБОТА ГИДРОРЕЗАНИЯ НЕФТЕПРОВОДОВ

Рассмотрим процесс коррекции управляющих воздействий в приводах многокоординатной системы, построенный согласно второму варианту формирования дополнительных составляющих. В качестве объекта исследования в данной работе выступает технологический манипулятор для резки нефтепроводов. Кинематическая схема рассматриваемого технологического робота представлена на рис. 2. Манипулятор имеет 6 степеней подвижности ($q_1...q_6$), при этом углы q_1 , q_2 , q_3 образуют несущую систему механизма, а обобщенные координаты q_4 , q_5 и q_6 отвечают за ориентацию головки гидрореза, обеспечивая движение по нормали к

поверхности резания (исполнительная система манипулятора).

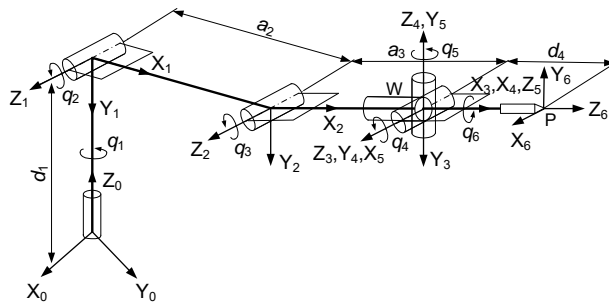


Рис 2. Кинематическая схема манипулятора

Рассмотрим взаимодействие исполнительных приводов, отвечающих за угловые перемещения по обобщенным координатам q_2, q_3 , что соответствует контурам 2, 3. Причем при их перекрестной коррекции оценим динамику и точность работы манипулятора технологического робота в целом. Структурная схема модели исследуемых взаимосвязанных контуров с каналом адаптации представлена на рис. 3. На схеме обозначены: $W_2(p), W_3(p)$ – передаточная функция приводов, отвечающих за угловые перемещения по обобщенным координатам q_2, q_3 соответственно; $W_{ye}(p)$ – передаточная функция устройства формирования управляющего воздействия; $V_2(p), V_3(p)$ – передаточные функции приводов координат q_2 и q_3 соответственно по возмущению; $K_{23}(p)$ – передаточная функция звена адаптации управляющего сигнала в контуре 3; g_2, f_2, g_3, f_3 – управляющие и возмущающие воздействия для приводов q_2 и q_3 соответственно; X_2, X_3 – проекции регулируемых координат приводов q_2 и q_3 соответственно на горизонтальную плоскость; δ_2, δ_3 – суммарные ошибки систем приводов 2 и 3 соответственно; $\Delta f_2, \Delta f_3$ – отклонение фактического усилия от расчетного в контурах 2 и 3 соответственно; $\delta_{f_2}, \delta_{f_3}$ – составляющие ошибок системы приводов q_2 и q_3 соответственно, обусловленные возмущающими воздействиями; $\delta_{\Delta f_2}, \delta_{\Delta f_3}$ – моментные составляющие ошибки контуров 2 и 3; $\Delta g_2, \Delta g_3$ – дополнительные составляющие управляющего воздействия для приводов координат q_2 и q_3 . Обобщенные угловые координаты q_2, q_3 через масштабирующие коэффициенты K_{gx2}, K_{gx3} дают составляющие проекций точки сопла среза на горизонтальную плоскость по оси X , соответственно X_2, X_3 .

Неопределенность пространственного расположения поверхности резания, а, следовательно, возможные траекторные ошибки движения исполнительного устройства, рассматриваются как дополнительные нерасчетные возмущения для второй Δf_2 и третьей Δf_3 координат. С использованием модели привода по возмущению $M_2(p)$ составляющая $\delta_{\Delta f_2}$ выделяется во втором контуре. Далее через контур адаптации $K_{23}(p)$ вводится в третий контур как дополнительная составляющая Δg_3 . В качестве моделей контуров по возмущению использовались статические зависимости первого и второго коэффициента ошибки по моменту.

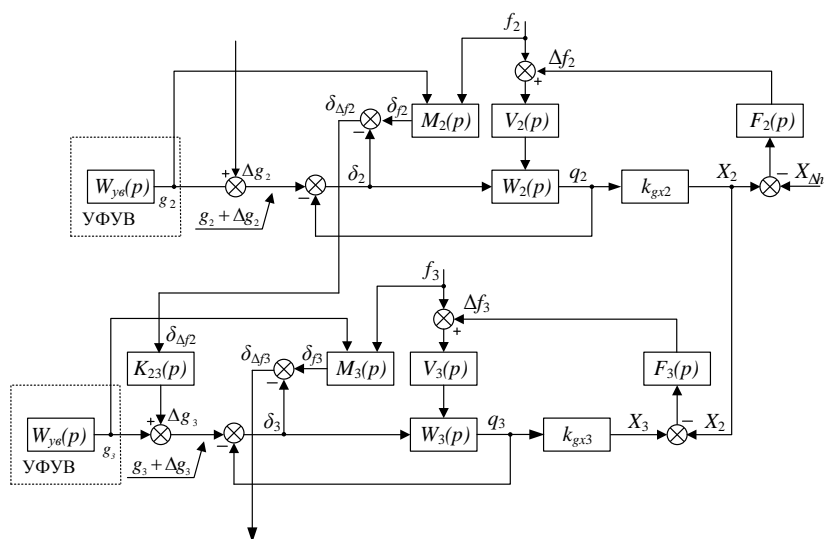


Рис. 3. Структурная схема двухкоординатной системы с формированием дополнительного управления

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования была рассмотрена работа контура адаптации при движении по типовым технологическим траекториям. Для нефтехранилищ – это прямоугольные поверхности при виде по нормали спереди с максимальными размерами 4×3 м или прямоугольник с размерами $0,5 \times 1$ м. Для трубопроводов – это прямоугольник с размерами до $0,5 \times 1,0$ м или окружность при виде по нормали к поверхности с размерами до максимального диаметры трубы. В последнем случае имеем поверхность в виде пересечения двух цилиндров. В качестве основополагающей технологической траектории при проведении исследований принята траектория, образуемая пересечением цилиндров под прямым углом.

Результаты исследования представлены на рис. 4-8. На рис. 4. представлена проекция траектории движения ИУ ($D = 1,6$ м, $d = 1,2$ м) в координатных плоскостях, где обозначено: 1 – траектория движения ИУ манипулятора без применения динамической коррекции; 2 – траектория движения, полученная с применением метода адаптации. Скорость движения по технологической траектории принималась равной $0,005$ м/с. Рис. 5 демонстрирует графики изменения координат ИУ при движении по технологической траектории без контура адаптации, где обозначено: 1 – график изменения координаты ИУ; 2 – график задания координаты ИУ; 3 – координатная ошибка. На рис. 6,а представлены графики изменения выходной координаты исполнительного привода в третьем сочленении манипулятора без контура адаптации.

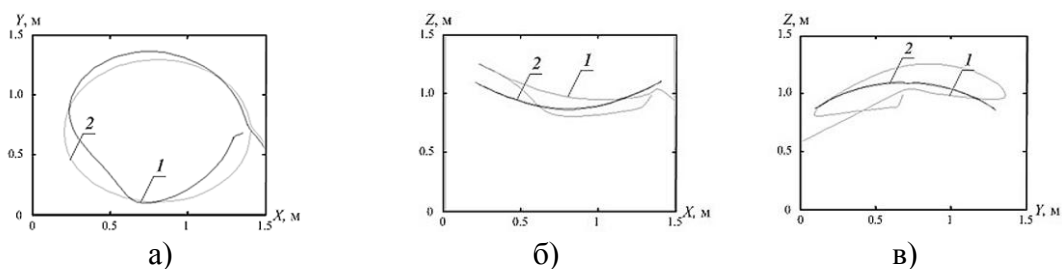


Рис. 4. Проекция траектории движения ИУ робота:

- а) проекция траектории движения ИУ манипулятора в плоскости XOY; б) проекция траектории движения ИУ манипулятора в плоскости XOZ; в) проекция траектории движения ИУ манипулятора в плоскости YOZ

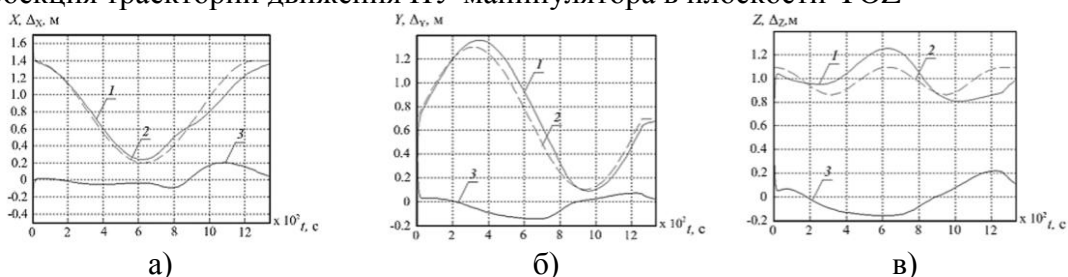


Рис. 5. Графики изменения координат ИУ при движении по технологической траектории без коррекции

- а) график изменения координаты X и координатной ошибки ИУ манипулятора; б) график изменения координаты Y и координатной ошибки ИУ манипулятора; в) график изменения координаты Z и координатной ошибки ИУ манипулятора

Ошибка положения в САУ с каналом адаптации по положению в увеличенном масштабе приведена на рис. 6, б. Значение ошибки, близко к нулю, и отвечает требованиям, предъявляемым к ТР со стороны процесса гидрорезания. Характеристики САУ второй координаты и контура перекрестной корректирующей связи в виде дополнительной составляющей управления Δg_3 для привода третьей координаты приведены на рис. 7.

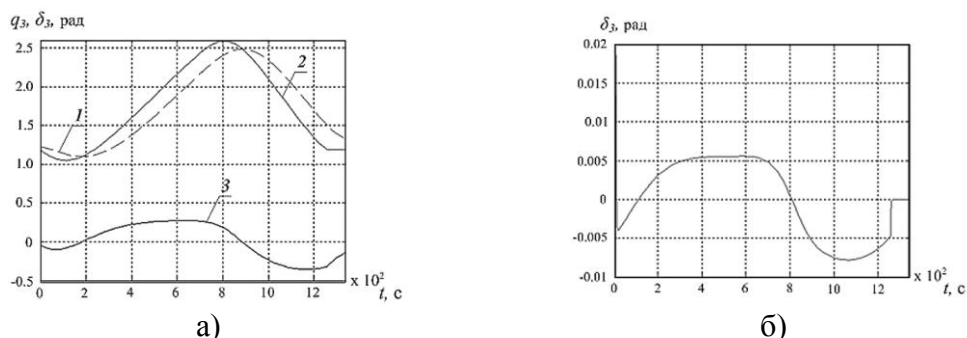


Рис. 6. Характеристики обобщенной координаты q_3 :

- 1 – график изменения задающего воздействия; 2 – график изменения выходной координаты при движении с постоянной скоростью без контура адаптации; 3 – траекторная ошибка без контура адаптации

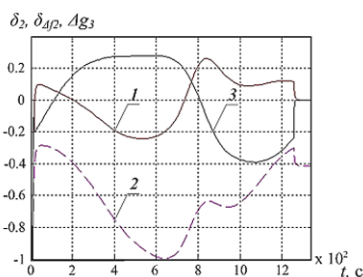


Рис. 7. Характеристики привода второй координаты и перекрестной компенсирующей связи:

1 – график изменения ошибки системы управления δ_2 второго сочленения; 2 – график моментной составляющей ошибки $\delta_{\Delta f_2}$; 3 – график изменения дополнительной составляющей управления Δg_3 в третьем приводе технологического робота

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение четвертой формы инвариантности в мехатронных и робототехнических системах дает возможность выполнение динамической коррекции движения. Исследуемый способ реализации контура адаптации, предусматривает формирование автономных составляющих, суммируемых с сигналов соответствующей производной, что ведет к повышению степени астатизма эквивалентной передаточной функции системы на единицу относительно астатизма управляющего воздействия. Анализ полученных результатов свидетельствует о необходимости применения в канале адаптации блока с переменным коэффициентом передачи. В ходе исследования были получены графические зависимости коэффициента передачи в канале адаптации от времени процесса компенсации и радиусов цилиндров представлены.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00638 мол_а.

ССЫЛКИ

- [1] Кобзев А.А. Адаптация управляющего воздействия в приводах сборочного робота // Известия ВУЗ. Электромеханика. – 1991. – №12. – С. 73-79.
- [2] Новоселов Б.В. Автоматы-настройщики следящих систем / Б.В. Новоселов, Ю.С. Горохов, А.А. Кобзев, А.И. Щитов; под ред. Б.Г. Новоселова. – М.: Энергия, 1975. – 264 с.
- [3] Кобзев А.А. Исследование алгоритмов адаптации управляющего воздействия для приводов робототехнических систем с помощью симулятора межкоординатных перемещений / А.А. Кобзева, Н.А. Новикова, А.В. Лекарева // Известия ВУЗ. Электромеханика, 2015. – №3. – С. 50-55.
- [4] Новоселов Б.В. Проектирование квазиоптимальных следящих систем комбинированного регулирования. – М.: Энергия, 1972. – 200 с.



Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЖЕСТКОСТИ КОНСОЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ТЕЛЕЖКИ С ГРУЗОМ

Александр Бохонский, Михаил Майстришин, Алексей Кабанов

Севастопольский государственный университет,
Университетская, 33
299053 Севастополь, Россия

bohon.alex@mail.ru, mmmaystrishin@sevsu.ru , kabanov@sevsu.ru

Реферат

Совмещение переносного движения консольного нежесткого стержня с движущейся сосредоточенной массой вдоль стержня приводит к существенному изменению жесткости и частоты колебаний системы, что затрудняет использование известных законов оптимального управления переносным движением, которые предусматривали постоянную жесткость объектов при управляемом движении [1–4].

Показано, что для стабилизации жесткости необходимо в зависимости от положения сосредоточенной массы, перемещающейся вдоль стержня, непрерывно изменять момент инерции поперечного сечения. Из примера консольного стержня конечной жесткости с перемещающейся вдоль стержня сосредоточенной массой следует, что предложенный способ управляемой стабилизации изгибной жесткости практически реализует оптимальное переносное движение объекта с достижением состояния абсолютного покоя сосредоточенной массы (каретки) в конце движения. Стабилизация жесткости позволяет повысить эффективность мехатронных систем путем совмещения поступательного или вращательного переносного движения в сочетании с перемещением сосредоточенной массы вдоль стержня.

ВВЕДЕНИЕ

В работах [1–4] предложены и исследованы кососимметричные законы оптимального переносного движения упругих объектов с конечным и бесконечным числом степеней свободы в предположении, что жесткость и, следовательно, частоты колебаний постоянны.

В [3] показано, что при выдвигании руки манипулятора с сосредоточенной массой (схват с грузом) жесткость руки и, естественно, собственные частоты меняются, что не позволяло применить обоснованные в [1–4] законы переносного движения упругих объектов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На рисунке 1 приведен пример, иллюстрирующий перемещение сосредоточенной массы вдоль консольного нежесткого стержня, который в свою очередь движется поступательно в направлении, перпендикулярном продольной оси. По направлению оптимального поступательного движения стержня появляется перемещение сосредоточенной массы, обусловленное изгибными колебаниями стержня.

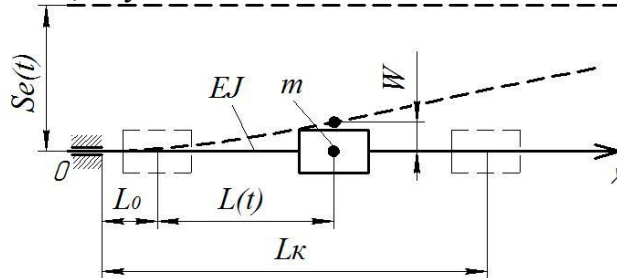


Рисунок 1 – Схема сложного движения сосредоточенной массы.

В исследованиях распределенная масса консольного стержня не учитывается. Коэффициент изгибной жесткости стержня в начальный момент времени

$$C_0 = \frac{3EJ}{L_0^3}, \quad (1)$$

где EJ – жесткость при изгибе (E – модуль упругости первого рода; J – осевой момент инерции поперечного сечения стержня); L_0 – расстояние сосредоточенной массы до жесткого защемления.

Дифференциальное уравнение относительного движения (в связи с изгибными колебаниями стержня) при оптимальном переносном движении и $L_0 = const$ имеет вид:

$$\frac{d^2W}{dt^2} + k^2W = -U_e(t),$$

где $k^2 = \frac{3EJ}{mL_0^3}$, $U_e(t) = \frac{d^2Se(t)}{dt^2}$ – ускорение переносного движения, $Se(t)$

– перемещение, m – масса каретки.

Численные эксперименты показывают, что даже весьма малое изменение L_0 приводят к большому изменению жесткости (и частоты собственных колебаний). Это не позволяет выбрать такой закон переносного движения, при котором в конечном положении достигается состояние абсолютного либо, при необходимости, относительного покоя.

Стабилизация жесткости возможна за счет непрерывного изменения момента инерции поперечного сечения стержня при согласовании такого изменения с координатой сосредоточенной массы (тележки) $L_0 + L(t)$, перемещающейся вдоль стержня.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЖЕСТКОСТИ КОНСОЛИ

Схема консольной конструкции, в которой реализуется стабилизация жесткости при согласовании с движением сосредоточенной массы, изображена на рисунке 2.

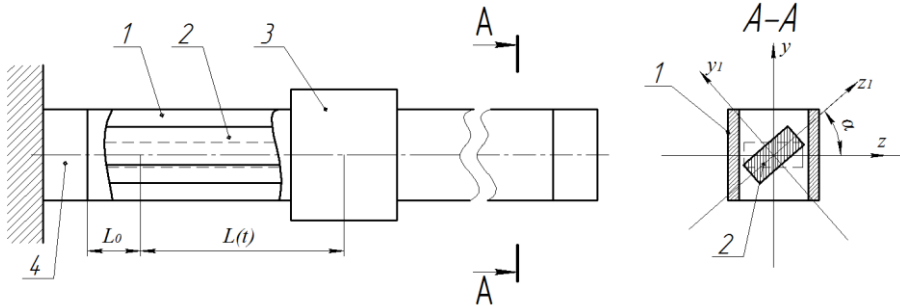


Рисунок 2 – Схема конструкции стержня со стабилизацией жесткости за счет вращения элемента 2 во круг продольной оси: 1 – направляющая; 2 – стабилизирующий элемент, вращающийся во круг продольной оси; 3 – сосредоточенная масса; 4 – привод вращения элемента 2.

Момент инерции поперечного сечения относительно оси z при повороте стабилизирующего элемента 2 на угол α вычисляется по формуле:

$$J_z = J_{z0} + J_{z1} \cos^2 \alpha + J_{y1} \sin^2 \alpha, \quad (3)$$

где J_{z0} – момент инерции боковых пластин направляющей 1 (рисунок 2). Формула (3) переписывается в виде:

$$J_z = J_{z0} + J_{z1} + (J_{y1} - J_{z1}) \sin^2 \alpha. \quad (4)$$

Из (4) следует выражение для угла поворота:

$$\alpha = \arcsin \sqrt{\frac{(J_z - J_{z1} - J_{z0})}{(J_{y1} - J_{z1})}}. \quad (5)$$

В начальный момент времени пластина горизонтальна и квадрат частоты собственных колебаний вычисляется по формуле:

$$\omega_1^2 = \frac{3E(J_z + J_{z0})}{mL_0^3}. \quad (6)$$

В произвольный момент времени при перемещении груза вдоль стержня квадрат частоты вычисляется так:

$$\omega_1^2 = \frac{3E(J_z + J_{z0})}{m(L_0 + L(t))^3}, \quad (7)$$

где $L(t)$ – изменение во времени расстояния от сосредоточенной массы до ее начального положения. Закон изменения J_z находится из уравнения

$$\omega^2 = \omega_1^2; \quad \text{т.е.} \quad \frac{J_{z1} + J_{z0}}{L_0^3} = \frac{J_z + J_{z0}}{(L_0 + L(t))^3}, \quad (8)$$

или

$$J_z = \frac{(J_{z1} + J_{z0})(L_0 + L(t))^3}{L_0^3} - J_{z0}. \quad (9)$$

Подставляя (9) в (5), получим выражение для угла поворота:

$$\alpha(t) = \arcsin \sqrt{\frac{(J_{z1} + J_{z0})(L_0 + L(t))^3 - L_0^3(J_{z1} - 2J_{z0})}{L_0^3(J_{y1} - J_{z1})}}. \quad (10)$$

Угол поворота пластины изменяется в пределах $\frac{\pi}{2} \geq \alpha \geq 0$.

Движение сосредоточенной массы может осуществляться по любому из известных оптимальному закону [5, 6]. Важно отметить, что при $\alpha = 0$,

$L(0) = L_0$, а при $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $L(T) = L_K$, где T – общее время движения.

Если частота первого тона $\omega = const$, то для переносного движения упругого объекта применим любой из рассмотренных в работах [1–4] закон кососимметричного оптимального управления.

С целью преодоления вычислительных трудностей удобно задать закон вращения $\alpha(t)$ и находить перемещение $L(t)$ сосредоточенной

массы вдоль стержня. Пусть оптимальное вращение пластины описывается зависимостью.

$$\alpha(t) = \varphi_* \left(3 - \frac{2t}{T} \right) \frac{t^2}{T^2},$$

где $\varphi_* = \frac{\pi}{2}$ – предельный угол поворота пластины. При повороте на угол φ_* угловая скорость становится равной нулю. Перемещение сосредоточенной массы вдоль стержня:

$$L(t) = \frac{L_0}{J_{z1} + J_{z0}} \sqrt[3]{(2J_{z0} + J_{z1} + (J_{y1} - J_{z1}) \sin^2 \alpha(t))(J_{z1} + J_{z0})^2} - L_0. \quad (11)$$

Пример. Дано: $b = 0,04\text{ м}$; $h = 0,01\text{ м}$; $J_{z1} = \frac{bh^3}{12}$; $J_{y1} = \frac{hb^3}{12}$; $J_{z0} = \frac{J_{y1}}{20}$; $L_0 = 0,8\text{ м}$; $T = 0,67\text{ с}$.

На рисунке 3 изображены графики $L(t)$, $\dot{L}(t)$, $\ddot{L}(t)$ движения сосредоточенной массы вдоль стержня. Из графиков следует, что в конечном состоянии $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $t = T$ наступает покой. Во время движения собственная частота колебаний стержня остается постоянной.

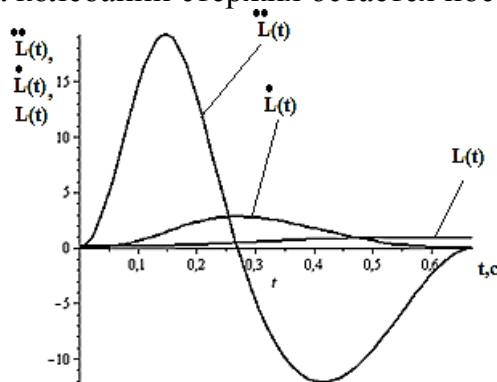


Рисунок 3 – Графики перемещения $L(t)$, скорости $\dot{L}(t)$ и ускорения $\ddot{L}(t)$ сосредоточенной массы при ее движения вдоль стержня.

На временном интервале $T \geq t \geq 0$ осуществляется поступательное перемещение стержня в направлении, перпендикулярном продольной оси (рисунок 1), на расстояние $S_K = 0,5\text{ м}$. С учетом краевых условий ($S_e(0) = 0$; $\dot{S}_e(0) = 0$, $S_e(T) = S_K$, $\dot{S}_e(T) = 0$) закон переносного движения принимает вид:

$$U_e(t) = a \sin pt, \quad V_e(t) = \frac{S_K}{T} - \frac{S_K}{T} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right),$$

$$S_e(t) = \frac{S_K}{T} t - \frac{S_K}{T} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right).$$
(12)

где $a = \frac{2\pi S_K}{T^2}$, $p = \frac{2\pi}{T}$. Графики $U_e(t)$, $V_e(t)$, $S_e(t)$ изображены на рисунке 4. При $t = T$ наступает переносный покой.

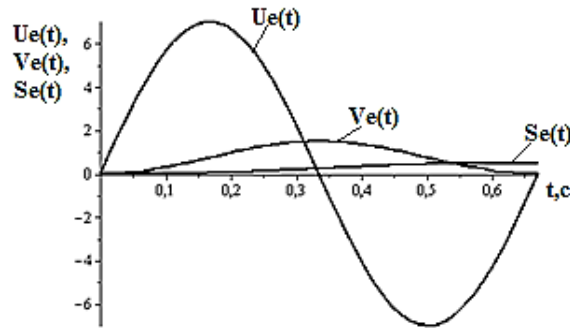


Рисунок 3 – Графики $U_e(t)$, $V_e(t)$, $S_e(t)$ в переносном движении стержня.

Дифференциальное уравнение [2] относительного движения (изгибных колебаний) объекта как системы с одной степенью свободы принимает вид:

$$\frac{d^2 W_r}{dt^2} + k^2 W_r = -\frac{p S_K \sin(pt)}{T}. \quad (13)$$

Здесь частота колебаний $k = 18,75 \text{ c}^{-1}$. В момент времени $t = T$ в относительном движении (колебание) выполняются моментные соотношения $W_r(T) = 0$, $\dot{W}_r(T) = 0$, т.е. достигается относительный покой (рисунок 5), который обусловлен изгибными колебаниями стержня.

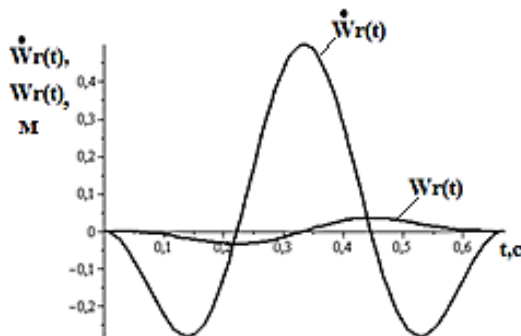


Рисунок 3 – Графики относительного движения $W_r(t)$, $\dot{W}_r(t)$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совмещение движений объекта с упругими связями (с целью повышения производительности операции транспортирования при использовании кососимметричных оптимальных управлений) возможно за счет приемов стабилизации жесткости системы.

Комбинированное управление позволяет достичь состояния абсолютного покоя объекта (например, для каретки мехатронного модуля) в конце сложного движения. Очевидно, что в пространственных стержневых конструкциях исполнительных органов манипуляторов минимальной массы стабилизация жесткости (спектра частот собственных колебаний) достигается за счет дополнительного непрерывного управления пространственной конфигурацией (формой движения) стержневой системы.

- [1] А.И. Бохонский, Н.И. Варминская, М.И. Мозолевский. Оптимальное управление переносным движением деформируемых объектов. (СевНТУ, Севастополь, 2007).
- [2] А.И. Бохонский. Исполнительные органы минимальной массы манипуляторов с управляемым деформированием при учете температурных воздействий. (мат. конф. Новгород, 1993).
- [3] А.И. Бохонский, Н.И. Варминская. Стабилизация жесткости телескопической руки манипулятора (мат. конф. Вып., ОНПУ, Днепропетровск, 41-46, 2004).
- [4] A.I. Bokhonsky, S.J. Zolkiewski, Modelling and analysis of elastic systems in motion (Wydawnictwo politechniki, Gliwice, 2011).
- [5] А.А. Воронов. Теория автоматического управления. Ч2. (Высшая школа, Москва, 1977).
- [6] Ф.П. Черноусько, П.Д. Акуленко, Б.Н. Соколов. Управление колебаниями (Наука, Москва, 1980).



NCSIE

Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

ПОСЛОЙНЫЙ СИНТЕЗ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ СИНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ

Сергей Чижик, Петр Витязь, Михаил Хейфец

Президиум НАН Беларуси
Национальная академия наук Беларуси
Проспект Независимости, 66
220072 Минск, Беларусь
mlk-z@mail.ru

Реферат

Рассмотрены аддитивные процессы прямого выращивания изделий послойным синтезом в соответствии с особенностями конструирования формируемых оболочек. Показано, что использование самоорганизации поверхностных явлений позволяет формировать слои определенной толщины по всей сложнопрофильной рабочей поверхности и управлять обеспечением свойств материала потоками энергии. Выявлены наиболее перспективные направления развития аддитивных технологий послойного синтеза, позволяющие формировать основу и поверхностные слои для градиентных материалов и многослойных композитов различного функционального назначения. Для скорейшего и наиболее эффективного освоения аддитивных технологий современного «цифрового производства» требуется определение первоочередных мероприятий и согласование плана совместных действий разработчиков, производителей и потребителей наукоемкого оборудования, расходных материалов и программных средств, а также подготовка научных и инженерных кадров для решения поставленных задач.

ВВЕДЕНИЕ

Сущность аддитивных технологий заключается в послойном синтезе или «выращивании» без формообразующей оснастки, по цифровой модели изделия, создание которого происходит путем добавления материала в отличие от традиционных технологий, основанных на удалении его излишков [1, 2].

В настоящее время реализуется новая парадигма дизайна, в том числе и молекулярного, «снизу-вверх» взамен или в дополнение развивающейся веками парадигме «сверху-вниз» [2]. Авангардные технологии, помимо новых аппаратных и программных средств, оборудования и оснащения, основываются на послойном выращивании поверхностей изделий и самоорганизации структур композиционного материала. Поэтому особенно перспективен подход, рассматривающий аддитивные методы как синерготехнологии, обеспечивающие самоорганизацию поверхностных явлений при послойном формировании структур поверхностных слоев различных материалов и управление их свойствами при разнообразных физических воздействиях [3].

Это дает возможность устойчивого образования слоя определенной толщины при значительных изменениях расстояния от источника энергии или подаваемого материала до формируемой поверхности, а также позволяет в результате взаимопроникновения сращивать последовательно наносимые слои.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Повышению эффективности производства служит создание комплексов технологических, транспортных, энергетических и информационных машин на основе новых технологий и повышения производительности уже используемых [4]. Такая совокупность производящих машин получила название технологических комплексов (ТК), которые автономно функционируют и в установленных пределах значений с использованием программного управления обеспечивают требуемых характеристики качества изделий [5, 6].

Развитие средств микроэлектроники явилось базой для создания мехатронных систем, которые включают как электромеханическую часть, так и электронно-управляющую (построенную на основе использования

компьютеров или микропроцессоров). Мехатронные системы обеспечивают синергетическое объединение узлов точной механики с электротехническими, электронными и компьютерными компонентами с целью проектирования и производства качественно новых установок, модулей, систем и комплексов машин с интеллектуальным управлением их функциями [4, 5].

Новейшие этапы развития гибкой автоматизации производственных систем связаны, прежде всего, с предельной концентрацией средств производства и управления, а также с сокращением сроков конструирования, проектирования, технологической подготовки и изготовления изделий. В результате мехатронные технологические комплексы объединяются в компактное интеллектуальное производство (СІМ - Compact Intelligent Manufacture), базирующееся на сочетании интенсивных, в том числе и аддитивных технологий, прогрессивного технологического оборудования и интегрированной системы управления [4 - 5].

Современный уровень развития информационных технологий в промышленности обеспечивает переход к использованию технологий создания, поддержки и применения единого информационного пространства во времени на всех этапах жизненного цикла продукции от ее проектирования до эксплуатации и утилизации, т.е. к CALS-технологиям (Continuous Acquisition and Life-cycle Support). Единое информационное пространство позволяет интегрироваться разрозненным комплексам компактного производства в виртуальное предприятие, создаваемое из различных пространственно удаленных подразделений, обладающих единой информационной ERP-системой (Enterprise Resource Planning) для использования компьютерной поддержки этапов жизненного цикла продукции [3].

Аддитивные технологии (AF – Additive Manufacturing), являются технологиями послойного синтеза, обеспечивающими практически безотходное энергоэффективное производство изделий из металлических, полимерных и композитных материалов. Современные аддитивные технологии производства позволяют реализовать ресурсосберегающий подход к проектированию и изготовлению деталей по сравнению с традиционными методами.

Изготовление масштабных макетов, легко разрушаемых прототипов и заготовок деталей машин из композиционных материалов с рабочими поверхностями сложного профиля «прямым выращиванием» без использования дорогостоящей формообразующей оснастки, сокращая стадии технологической подготовки производства, наилучшим образом удовлетворяет требованию снижения материальных и трудовых затрат.

Анализ достижимости точности формирования поверхностей с позиций влияния плотности мощности и движения применяемых полей и потоков энергии, позволяет рассматривать для использования в технологических комплексах не только различных источников энергии, но и схем оборудования, использующего параллельную кинематику и дополнительные степени подвижности рабочих органов.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (3D-ПЕЧАТИ) В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Изготовление на 3D-принтерах масштабных макетов, легко разрушаемых прототипов, заготовок и деталей машин из композиционных материалов с рабочими поверхностями сложного профиля прямым «выращиванием» без использования дорогостоящей формообразующей оснастки, сокращая стадии подготовки производства, наилучшим образом удовлетворяет требованию снижения материальных и трудовых затрат.

По результатам рассмотрения наиболее используемых сегодня методов прямого «выращивания» изделий (стереолитография (Stereolithography Application – SLA), послойное формирование моделей из листового материала (Laminated Object Manufacturing – LOM), селективное лазерное спекание (Selective Laser Sintering – SLS), послойная заливка экструдированным расплавом (Fused Deposition Modeling – FDM) и др. методов проанализируем перспективы 3D-печати и оценим состояние разработок и освоения производства оборудования, средств контрольного и программного оснащения, расходных материалов для 3D-печати в Республике Беларусь.

Настольные - «бюджетные» для бытового, учебного, игрового и другого применения, чаще всего используют наиболее широко распространенную технологию FDM. Институт химии новых материалов освоил для них производство расходных полимерных материалов с необходимым комплексом свойств (состояние поставки - нить нужного диаметра на катушке, устанавливаемой в принтер). В Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого имеется большой опыт по созданию композиционных порошковых материалов на полимерной основе и изделий широкой номенклатуры из них. Сами принтера в наиболее простой комплектации, как по механике, так и по электронному и программному оснащению (собственной разработки) готовы освоить в Институте тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова.

Производство малых серий принтеров в закрытых корпусах (обеспечивающих экологичность, путем использования фильтров для выделяющихся газов), для оснащения учебного процесса вузов и школ планируют в БНТУ на факультете информационных технологий и робототехники и факультете маркетинга, менеджмента и предпринимательства.

Макетирование на производстве (заводы «Атлант», «Горизонт» и др.) в течение последних 10-15 лет представлено в основном стереолитографией, обеспечивающей достаточно высокую точность и прочность полимерных моделей.

Порошковые изделия – детали и их заготовки из композиционных материалов в машиностроении (для потребностей авиации, космонавтики, медицины и другого) производят по технологиям, относящимся к SLS. Ввиду огромного разнообразия изделий и высоких требований к ним, создано и разрабатывается множество порошковых материалов (металлических, керамических, композиционных и других), а также технологий (зачастую комплексных) для синтеза деталей и заготовок из них. Институт порошковой металлургии десять лет назад создал такую установку, для синтеза изделий медицинского назначения из порошковых металлических материалов с регулируемой пористостью, совместно с Институтом физики (лазеры) и Объединенным институтом проблем информатики (программное обеспечение). Работы по созданию устройств дозирования и подачи композиции порошков в принтерах ведутся на машиностроительном факультете БНТУ.

Изделия из строительных материалов (быстротвердеющих высокопрочных гипса, цемента, керамики и других, в том числе в композициях с песком) по технологии DSPC в республике пока не производятся, ввиду отсутствия оборудования и расходных материалов. Однако работы по измельчению и активации песка и цемента, металлургических шлаков и других строительных материалов в ГНПО «Центр» ведутся при участии специалистов строительного факультета БНТУ.

Послойный листовой раскрой и сборку изделий по технологии LOM уже в настоящее время, при условии дооснащения выпускаемого ГНПО «Центр» раскройного оборудования сборочными модулями (сверления и сборки на штифты, резьбу или приваривания) можно широко использовать в республике и за ее пределами. Особыми конкурентными преимуществами обладает установка плазменной резки КНР-10 с 5-ти координатным манипулятором, обеспечивающая фигурный раскрой под углом, в том числе и для разделки кромок под

сварку. Большие перспективы для использования различных материалов и по качеству реза у гидроабразивных установок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ возрастающей эффективности технологических комплексов показал, что после этапов пространственно-временной интеграции производственных процессов и жизненного цикла изделий последуют этапы, обеспечивающие компактность производства на основе технологий аддитивного синтеза композиционного материала и формообразования изделия, базирующаяся на сокращении длительности и количества производственно-технологических этапов жизненного цикла продукции.

В результате необходимо применение новых методов и оборудования, программных и аппаратных средств для создания слоев и сборки изделий, использующих различные распределенные поля и концентрированные потоки энергии в качестве технологических источников.

Для скорейшего и наиболее эффективного освоения аддитивных технологий современного «цифрового производства» в Республике Беларусь, требуется определение первоочередных мероприятий и согласование плана совместных действий разработчиков, производителей и потребителей наукоемкого оборудования, расходных материалов и программных средств, а также подготовка научных и инженерных кадров для решения поставленных задач.

[1] Чижик С.А., Хейфец, М. Л., Филатов С.А., “Перспективы развития технологических комплексов аддитивного синтеза композиционных материалов и формообразования изделий”, *Механика машин, механизмов и материалов*, **4(29)**, 68-74 (2014)

[2] *Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий*. Под общ. ред. П.А. Витязя и К.А. Солнцева / П.А.Витязь, А.Ф.Ильющенко, М.Л. Хейфец, С.А.Чижик и др. (Минск, Беларуская навука, 2011)

[3] Хейфец, М. Л. *Проектирование процессов комбинированной обработки* (М.: Машиностроение, 2005)

[4] *Теоретические основы проектирования технологических комплексов*. Под общ. ред. А.М.Русецкого / А.М. Русецкий, П.А. Витязь, М.Л. Хейфец и др. (Минск: Беларуская навука, 2012)

[5] *Конструирование и оснащение технологических комплексов*. Под общ. ред. А.М.Русецкого / А.М.Русецкий, П.А. Витязь, М.Л. Хейфец и др. (Минск: Беларуская навука, 2014)

[6] *Автоматизация и управление в технологических комплексах* / Под общ. ред. А.М.Русецкого / А.М.Русецкий, П.А. Витязь, М.Л. Хейфец и др. (Минск: Беларуская навука, 2014)



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

TOWING TEST TANK CONTROL SYSTEM

Mart Tamre; Dhanushka Chamara Liyanage, Maido Hiiemaa

Department of Mechatronics
Tallinn University of Technology
Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, Estonia
E-mail address: mart.tamre@ttu.ee

Abstract

In modern industrial motion control applications, usage synchronous servo drives and coordinated control using PLCs are prevalent. Multiple servo drive synchronization to achieve towing carriage motion and wave generator motion for ship model towing test tank is still novel approach compared to traditional control systems of such applications. Key features of the any modern industrial automation system such as reliability, flexibility to further enhancements, simplicity are thoroughly investigated and incorporated in the design of control system. This paper presents controlling plurality of servo drives and coordinate them using industrial controller, which is Beckhoff soft PLC for ship model towing test tank motion control. It was used EtherCAT field bus network to achieve real-time communication between servo drives. Controller based servo drives are commanded via CiA402 drive profile. Motion control algorithms has been developed using PlcOpen motion function blocks.

INTRODUCTION

This paper presents ship model towing test tank motion control system developed and implemented for Small Craft Competency Centre of Tallinn University of Technology.

The ship model towing test tank or ship model basin is used as an experimental facility to evaluate hydrodynamic characteristics of ship designs by using

scaled down ship models with or without artificially created sea waves [7]. As shown in Fig.1 the ship model test tank comprise with a ship model towing carriage and a flap paddle type wave generator. The scale down model of ship attached to towing carriage, which is pulled by using belt drives. The wave generator motion creates sea waves.

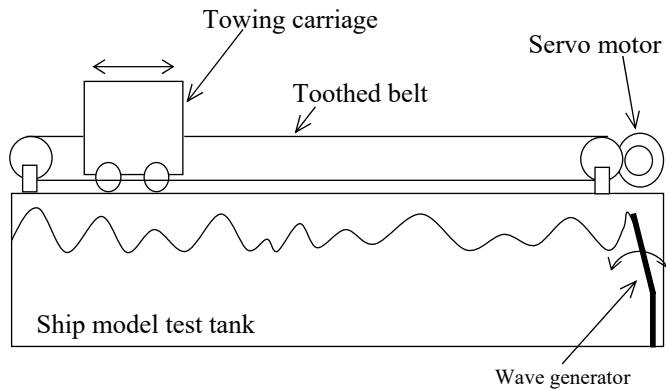


Fig.1. Ship model test tank

There are industrial applications including ocean wave generators with multi-servo drive synchronization based on distributed clock concept, which uses EtherCAT fieldbus network [1]. However, ship model towing carriage motion control and sea wave generator applications are still new application areas for EtherCAT networked motion control systems. Moreover, in this application it has been used linear toothed belts to drive the towing carriage by pulling it from both sides. This demands servo drive synchronization to overcome carriage skew. Since the distance between the belt pulleys is nearly 60 m, it is susceptible for stretching. The accurate position control is a challenging task.

CONTROL SYSTEM

Position accuracy of the carriage should be ± 20 mm while the velocity accuracy ± 0.005 m/s [2]. However in order to avoid carriage derailing due to relative position errors of belt drive system, it should be less than ± 50 mm throughout the entire length of travel [4]. This required accurate drive synchronization. The wave generator has no such critical position control criteria due to fact that wave paddles are controlled individually and such fine accuracy does not influence water wave creation. Since wave model developed to create uniform waves from each paddle, it was required to synchronize wave generator servo drives as well.

There are eight synchronous servomotors and drives in the motion control system. It has been selected controller based servo drives for the application by

considering centralized motion control. They are Lenze i700 servo drives [6]. In addition, there is a Beckhoff soft PLC working as master controller in the system, which runs motion control algorithm. The drives have been connected with master controller with line topology as shown below Fig. 2. using EtherCAT fieldbus [2]. First two servo axes comprised with 10 kW servomotors, which are responsible to move carriage. In addition, the remaining six servo axes comprised with each 4.7 kW are responsible for wave generator motion.

Software user interface is running on a PC where it connect to the PLC system using TCP/IP through Beckhoff ADS interface [9].

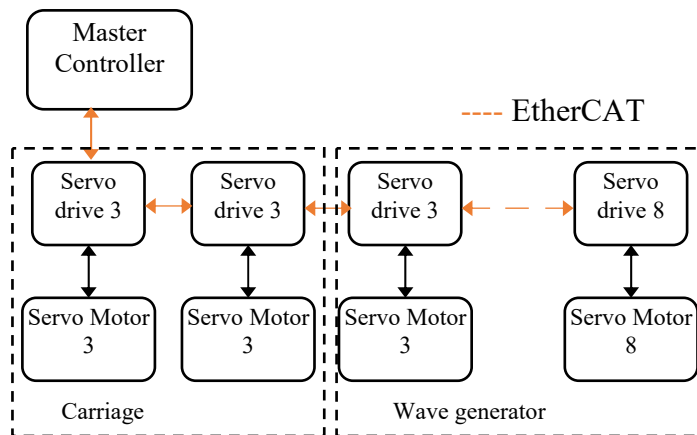


Fig. 2. Principal scheme of the drives' connections.

The algorithm is sub-divided into three sub routines. Such as homing routine, experiment motion profile routine and manual control routine.

As shown in Fig 3. The homing routine uses MC_MoveVelocity function block to move the carriage until it finds a position limit sensor. Once it detect the limit sensor MC_Home PlcOpen function block used to perform homing [8]. Experiment motion profile routine is mainly uses MoveAbsolute PlcOpen function block to perform point-to-point motion. Its position, velocity, acceleration and deceleration parameters are fed by using user interface application. The algorithm flowchart is shown in Fig 4. Manual routine has been done using MC_Jog function block. Moreover, it is allowed to move carriage to predefined positions. In this case, it is used MC_MoveAbsolute function blocks. The wave generator supposed to produce regular as well as irregular waves according to different wave spectra [4]. Wave profiles are calculated in MATLAB. In addition, the calculated motion profile is transferred to the software user interface as a text file. The file contains motion points, which were generated at 500 Hz sampling rate.

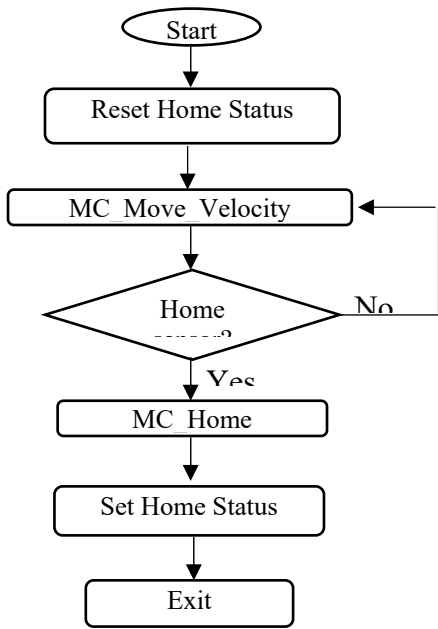


Fig. 3. Homing routine flowchart

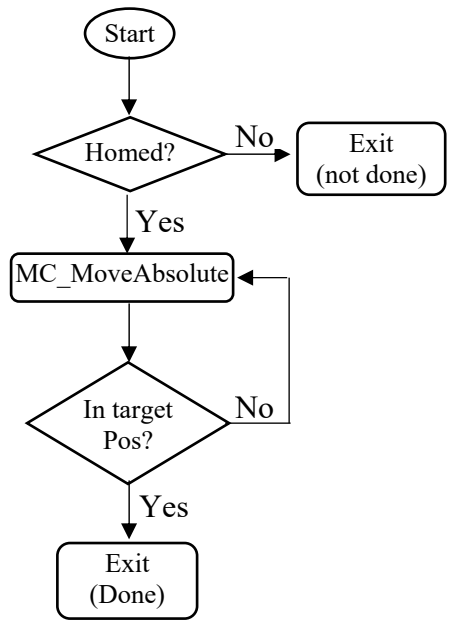


Fig. 4. Motion profile routine flowchart

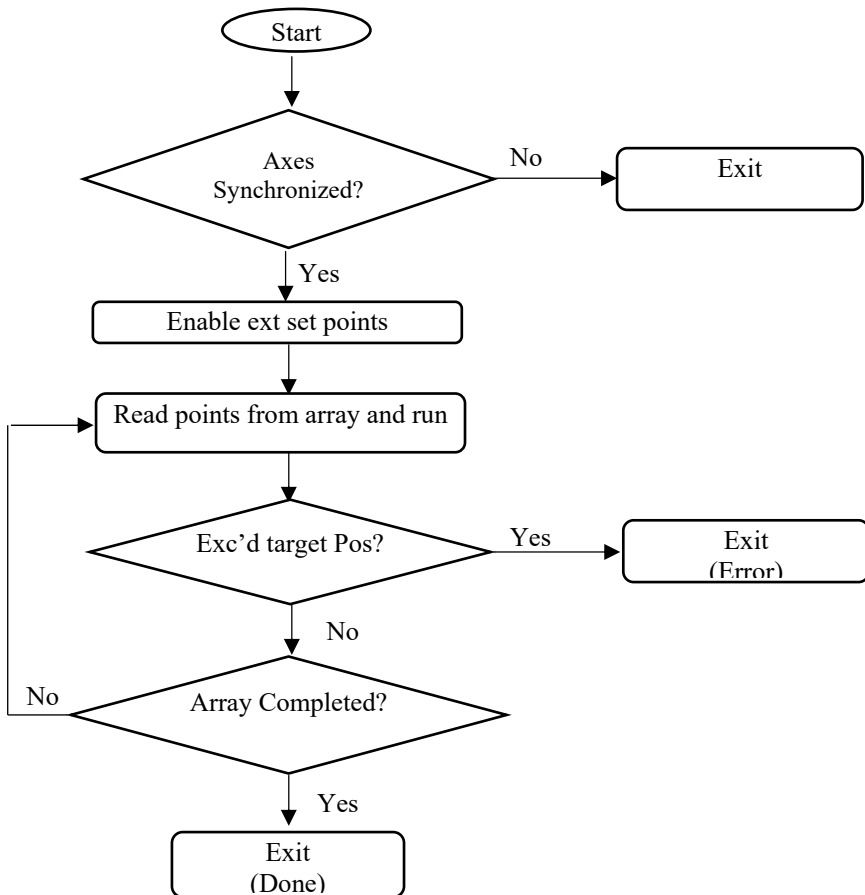


Fig 5. Wave profile algorithm flowchart

In the wave generator, control algorithm it is used external set point feed function block, which is MC_ExtSetPointGenFeed to run servo drive over an array of position coordinates. Based on position profile, the required parameters for the above function block are calculated in the PLC program. They are velocity and acceleration for each point. Algorithm flowchart is illustrated on Fig 5.

RESULTS

So far actual hydrodynamic experiments have been conducted are resistance tests in calm water and with regular sine waves.

In order to verify the positioning accuracy of the carriage, the experiments conducted with several speed settings from 0.5 m/s up to 4.0 m/s. However, the maximum required speed of the carriage should be 4.95 m/s. Below waveforms Fig. 5 showing the positioning accuracy of the proposed motion control algorithm for the towing carriage with speed 3 m/s and 4 m/s with acceleration and deceleration of 500 mm/s. The first graph is showing the target position curve which is from 0 to 45850 mm. Second and third graphs are showing the position deviation from target for each axis respectively. The position deviation plots are in scale of +/- 1 mm.

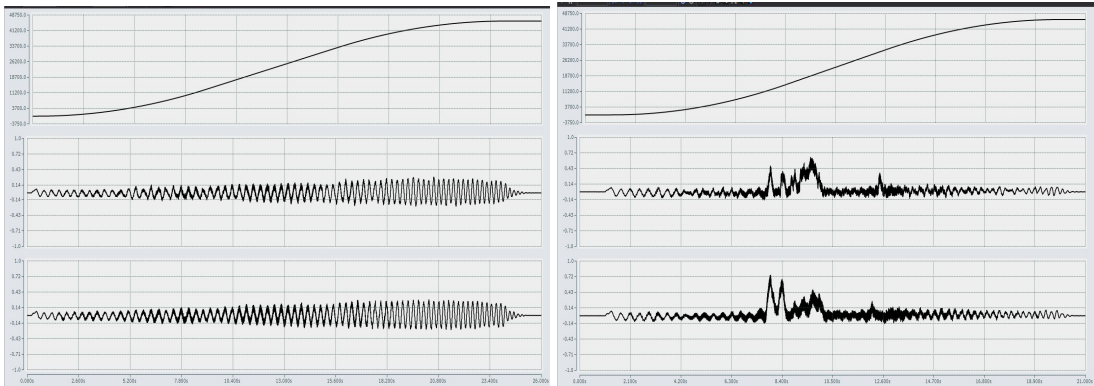


Fig. 5. Carriage position deviation plot for 3 m/s and carriage position deviation plot for 4 m/s.

Set speed	Pos deviation - right	Pos deviation - Left
0.5 m/s	+/- 0.26 mm	+/- 0.25 mm
1.0 m/s	+/- 0.20 mm	+/- 0.19 mm
2.0 m/s	+/- 0.30 mm	+/- 0.31 mm
3.0 m/s	+/- 0.32 mm	+/- 0.31 mm
4.0 m/s	+ 0.73 / -0.18 mm	+0.55 / -0.18 mm

Table 1. Carriage position control.

According to the above data, during experiments the position deviations for each axis remained under 1.0 mm, which was desired from the control system. However when the carriage speed increases the position deviation is increasing accordingly as an oscillation. In addition, with 4 m/s it was noticed that additional vibrations appear in the position deviation plot. There are several reasons for this oscillations and excessive vibrations. Belt vibration during the motion, carriage structure vibration, carriage misalignments and resonance of structural members can be some of the causes.

Carriage motion Matlab model has been developed (Fig.6) allowing to optimize system parameters to reduce carriage motion instability. First test results of the Matlab model (Fig. 7) demonstrate good correlation of the Matlab model test data and real carriage motion behaviour. The future stage of the work will be adjusting the model and respective control systems parameters.

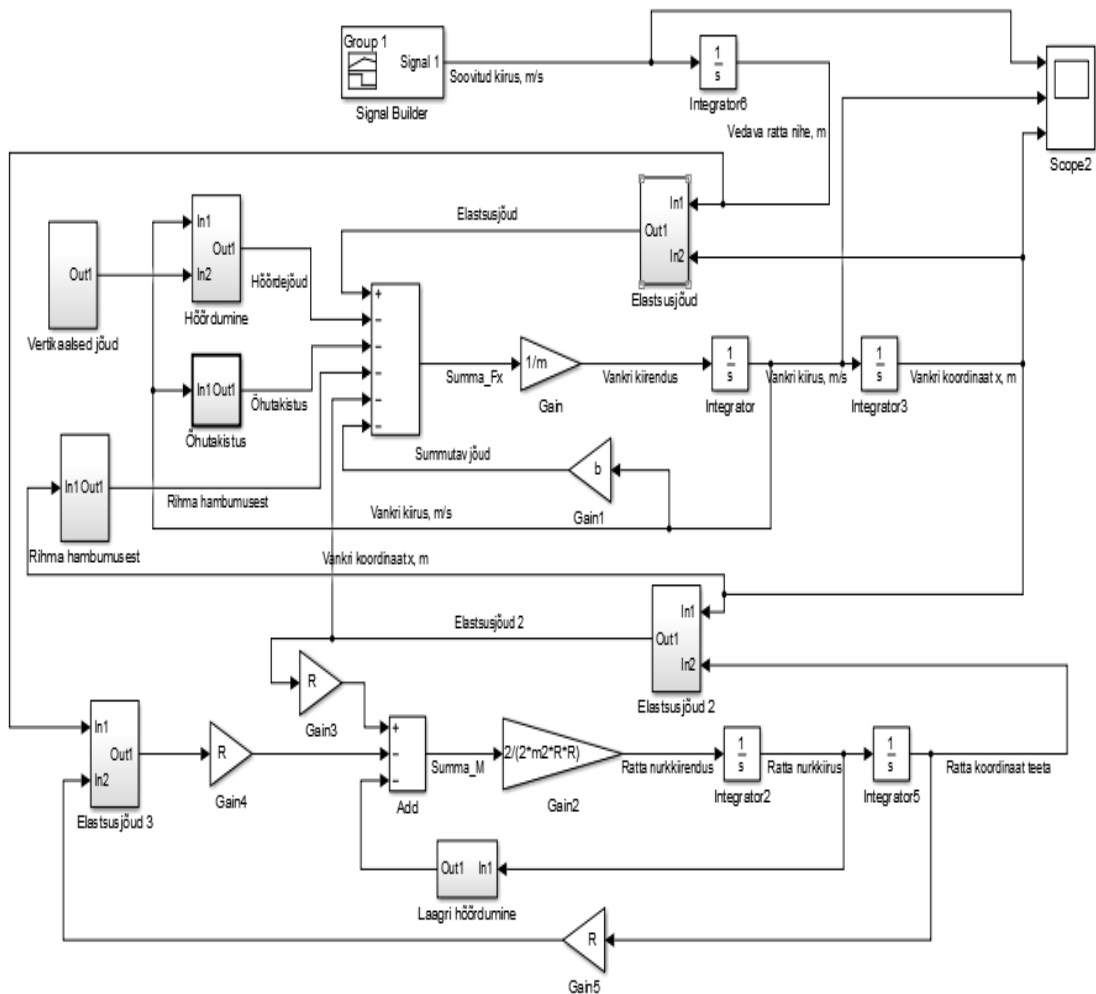


Fig. 6. System Matlab model.

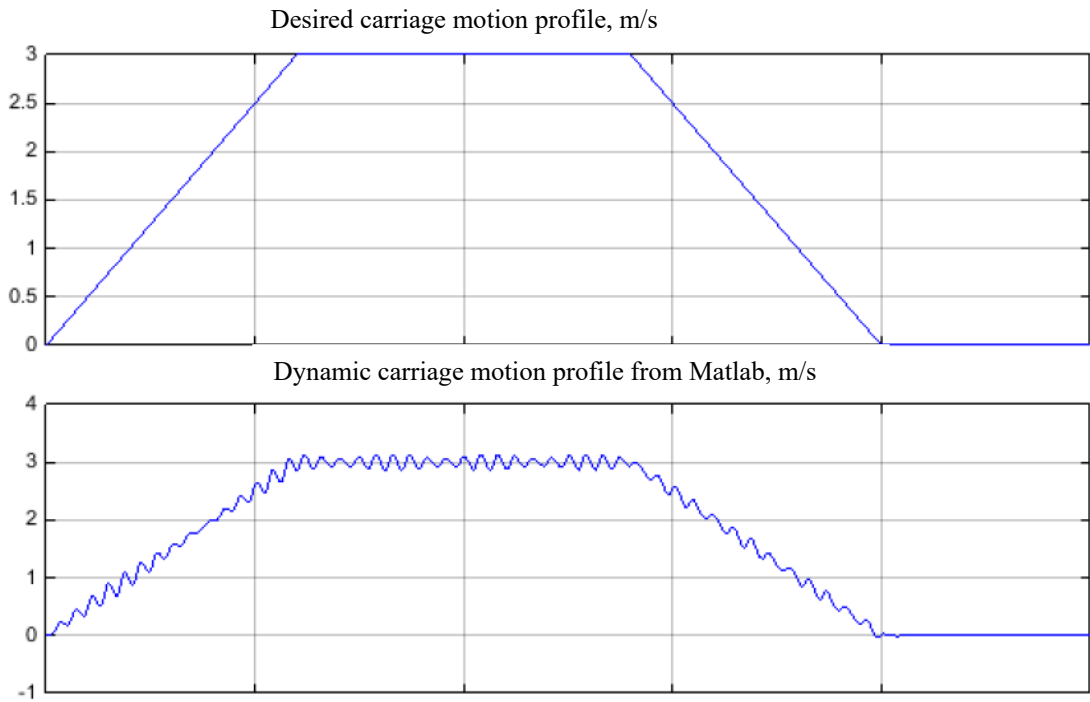


Fig. 7. Desired carriage motion profile and dynamic motion profile from the Matlab model.

CONCLUSIONS

Carriage positioning deviation was remained less than 1.0 mm throughout all experiment runs. In addition, this is well within specified position deviation limits for the towing carriage motion control. Therefore based on the results it can be concluded that the motion control algorithms developed for carriage motion is sufficient and can fulfil system requirements.

Moreover, wave generator motion achieved less than 0.5 mm deviations while all six axes operate synchronously. Therefore, it can be concluded that the motion control system is sufficient to operate the mechanisms safely.

TwinCAT software allows using MATLAB/Simulink models to embed in the controller program [5]. Therefore, it is possible to build a MATLAB/Simulink object for each control sub system and embed in the PLC program.

Based on results it seems to be better to analyse the vibrations at various carriage speeds, make a control system model in MATLAB, and integrate it to the control program. In addition, create a MATLAB object for wave generation mathematical model. Then connect it to the software user interface to allow users to modify the wave spectra variables to create desired wave profile. Moreover, integrate it into the motion control algorithm instead of reading

profile points from a data array. Moreover, the wave generator paddles are running in a reversing sequence, which need to accelerate, decelerate and stop in every half cycle. In the case of irregular waves, there can be sudden jerks in the motion profile, which is not desirable for the drives as it may overrun the limits of accelerations and decelerations whereby putting servo drives to error state. Therefore such irregular wave profiles needed to be adjusted to suit with motion control system while creating required ocean wave pattern.

REFERENCES

- [1] Lei Wang, Muguo Li, Junyan Qi, Qun Zhang, Design Approach Based on EtherCAT Protocol for a Networked Motion Control System, Int, Jnl of Dist Snsr Net,2014
- [2] Liyanage, D.C, Aasmäe, E., Sutt, K.O., Hiiemaa, M. & Tamre, M, Ship model basin carriage control system, Proc DAAAM Baltic Conf, 2015, 1, 151-155.
- [3] EtherCAT – the Ethernet fieldbus, EtherCAT technology Group, [WWW] http://www.ethercat.org/pdf/english/ETG_Brochure_EN.pdf, (31.03.2016).
- [4] Ship model basin internal design specifications, Kuressaare College of Tallinn University of Technology, 2015.
- [5] TwinCAT 3 – XA Language Support: Matlab/Simulink, Beckhoff Automation GmbH, [WWW] <https://www.beckhoff.com/english.asp?twincat/twincat-3-xa-language-support-matlab-simulink.htm?id=1893323818933262>, (31.03.2016)
- [6] Servo inverter i700, Lenze SE, [WWW] <http://www.lenze.com/en/products/inverters/inverters-control-cabinet/i700/>, (07.04.2016)
- [7] Morgan.W.B, Lin.W.C, Predicting ship hydrodynamic performance in today’s world, Naval Eng Jnl, 1998, 110, 91-98.
- [8] Van der wal E.,PlcOpen function blocks for motion control, [WWW] http://www.plcopen.org/pages/tc2_motion_control/technical_introduction/
- [9] TwinCAT connectivity, Beckhoff Automation GmbH, [WWW] https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tcadscommon/html/tcadscommon_intro.htm&id=



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

THE FORMALISED DESCRIPTION OF MECHANISMS WITH CLOSED KINEMATIC CHAINS AND AUTOMATIC KINEMATIC ANALYSIS ON ITS BASIS

Alexander Yakovlev, Alexander Malyshenko

Department of ICCS
Tomsk Polytechnic University
Lenin Avenue, 30
634050, Tomsk, Russia

e-mail address of lead author: alexjakovlev90@gmail.com

Abstract

The paper proposes a method of formalised description of mechanisms with closed kinematic chains that reflects full information about their structure and constructive parameters of their elements. The method aimed to simplify the mathematic description of closed kinematic chains and further automatic solution of kinematic problems of such mechanisms. The paper also presents an algorithm of developed and officially registered software for automatic translation formalised description of a closed-chain mechanism into its mathematic description in form of its kinematic equations. The paper also provides an example of using this software for the derivation of kinematics equations of slider-crank mechanism.

INTRODUCTION

The mechanisms with closed kinematic chains numbers hundreds of various types of structures which differ in their design features and purposes. At present the design of new mechanisms having closed, parallel and even hybrid kinematic structure for new technological challenges in various fields is growing, and the already existing mechanisms are being modernized in order to extend their functionality by adding new features as well as improve their performance.

With the development of robotics, new types of robots kinematic structures are being designed. The annual production of new manipulating robots is already

calculated by thousands of items. Project design of new mechanisms such as manipulators includes the development and analysis of their kinematic schemes. The choice in favour of designing closed or hybrid (contains closed and serial parts) kinematic structure is driven by high stiffness of such mechanisms. However, the assessment of their manipulation space, manoeuvrability, as well as the solution of direct and inverse kinematics problems become the great issue. The solution of all these problems is based on the formation and solution of kinematics equations of mechanisms.

The fields of robotics and theory of machines and mechanisms have been widely applying several methods of deriving kinematics equations of mechanisms with complex kinematic structure, based on the use of vector-matrix descriptions of relative positions of independent links of its kinematic chains, but it still associated with a significant time cost and may lead to errors caused by the so-called “human factor”. Scientific and technical challenge here is the automation of process of kinematic equations derivation for mechanisms with close kinematic chains.

The article is aimed to present a method of formalised description of closed kinematic chains of mechanisms, that has been initially designed for describing serial manipulating robots and other mechanisms and successfully applied for solving its kinematic problems [1-2]. The method accompanied with the algorithm of automatic kinematic analysis of closed kinematic chains and the demonstration of its practical application by the derivation of kinematics equations of slider-crank mechanism as the example of mechanism with closed kinematic structure [3].

CONCEPT OF THE FORMALISED DESCRIPTION

The method of formalised description of structures and parameters of kinematic chains of mechanisms is fully described in [1]. The method is based on the formalised description of all the elements composing kinematic chain, links and joints. This method is convenient for solving tasks of automation the process of kinematic analysis of a mechanism by derivation its kinematic equations as well as solving direct and inverse kinematic problems.

The description of each kinematic chain element has the following structure $I(m; \mathbf{n}; \mathbf{p})$. Here I is the identifier of the element being described; m is the given unique number of the element; $\mathbf{n} = [n_1; n_2; \dots; n_\nu]$ is the vector of the unique numbers of the elements of the chain connected to element m ; $\mathbf{p} = [p_1; p_2; \dots; p_\mu]$ is the vector of the structural parameters of element m determining its geometry and position as related to the other elements. $m, \mathbf{n}, \mathbf{p}$ are positional parameters with strict sequence of their recording.

The enumeration of a kinematic chain elements uses a number sequence and avoids repeating elements. For simplifying the computer analysis of mechanism structure and kinematics, enumeration starts from the links, firstly describing the base (accepting $m=1$ for it), and then all the joints. The numbers of the elements immediately connected to a particular element of a kinematic chain are sequenced in

the description of this particular element according with the following rule. When describing a link, the numbers of the joints which this link forms part of are sequenced in the same order they are reflected in the identifier of this link.

The description of all joints begin with identifying symbol J (joint). The full identifier is presented as JtY , where t reflects the number of the degrees of freedom (DOF) of the kinematic pair of links formed by this joint; and Y is a symbol indicating the joint type. The most common types of joints are: N – for a rigid connection; R – for a rotary joint; P – for a prismatic joint; H – for a Hooke's joint; C – for a cylindrical joint; and S – for a spherical joint.

Links identifiers begin with L symbol (link) having the following structure $LOY_1Y_2...Y_lF$, where l symbols in the identifier reflects characteristic points such as joints, end effectors and other that include this link, using symbols (R, P, S, H , etc.). The O symbol is only used to denote the base.

Until recently, most of the mechanisms included only 5th-class kinematic pairs, such as rotary and prismatic ones, owing to the need to supply them with cables to control the drives and stop devices. As the slider-crank mechanism includes only the mentioned joints the article provides their formalised description. Formalised description of other elements can be found in [1].

A rotary joint. The specified joint has the following formalised description $J1R(i, n, n+1, \gamma_0, \gamma, \gamma_m)$.

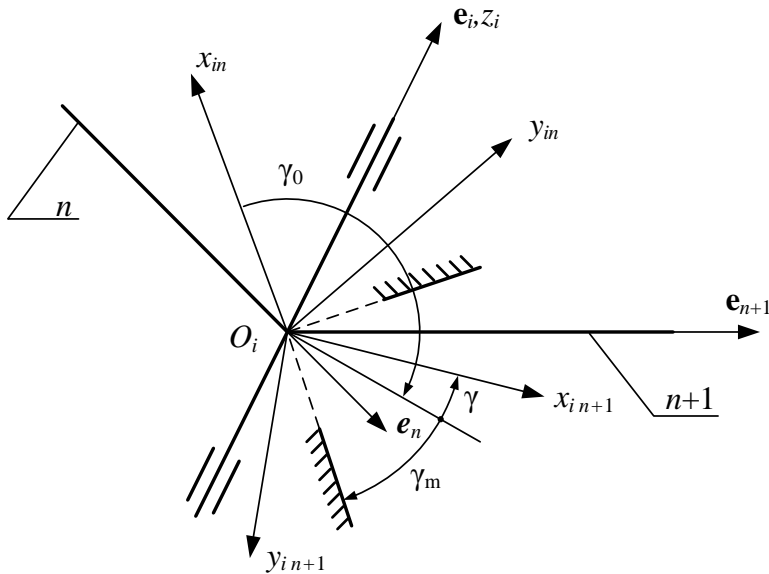


Fig. 1. A rotary joint.

This type of joint (Fig. 1, a kinematic pair of links n and $n+1$ with the centre at O_i), should include the following three angles: γ_0 – the angle of the rotation of Cartesian reference system $O_i x_{in} y_{in} z_{in}$ around e_i to align it with the medium position $O_i x_{i n+1} y_{i n+1} z_{i n+1}$; where γ is the angle of the actual deviation of

$O_i x_i y_i z_i$ from the medium position; and γ_m is the maximum value of the actual angle γ allowed to the joint by the limit stops.

A prismatic joint. The distinctive feature of specified joint is a change of the one connected link length, occurring during the relative movement of joined links. The joint is shown in Fig.2

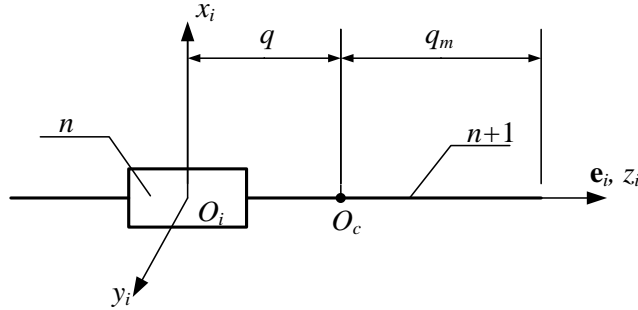


Fig. 2. A prismatic joint.

The formalised description of prismatic joint is $J1P(i, n, n+1, q, q_m)$. When describing such joints, it is necessary to determine the countdown of the link from the medium position (point O_c in Fig. 2). The parameters are as follows: q – the actual deviation of the centre of the joint O_i from its medium position O_c ; and q_m is the maximum allowed movement of O_i in each direction relative to O_c .

It is clear that, for solving kinematic analysis tasks, it is not sufficient to have only constructive parameters of described joints. It is also necessary to consider transitions between the Cartesian axes whose centres coincide with the centres of joints or other characteristic points. Such transitions, from one characteristic point to another, are included in sets of parameters of formalised description of links.

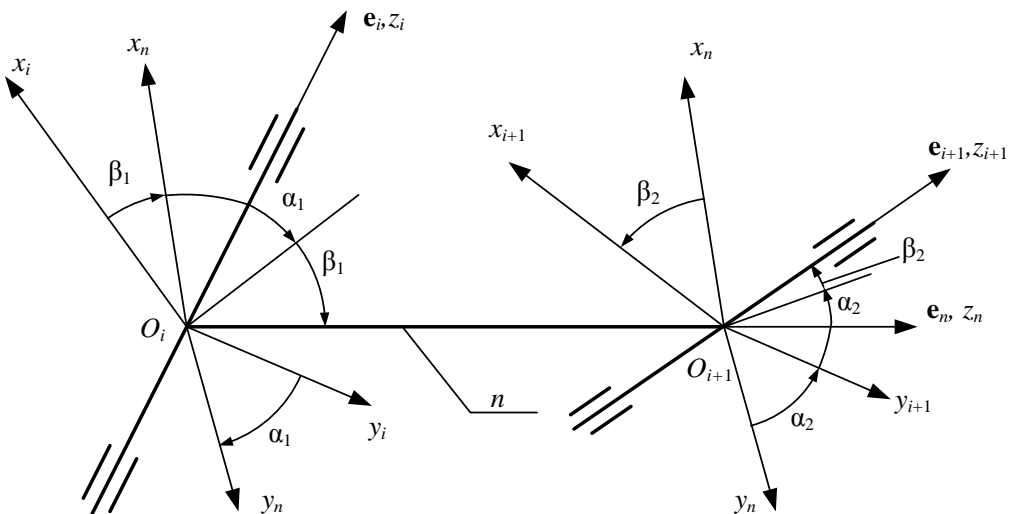


Fig. 3. The connection of two characteristic points.

Moving links. The description of the specified link (Fig. 3) is as follows: $LY_1Y_2(n, i, i+1, \alpha_1, \beta_1, D, \alpha_2, \beta_2)$, where symbols Y_1 and Y_2 reflects the types of joints. The relative position between the Cartesian axes $O_i x_i y_i z_i$ and $O_{i+1} x_{i+1} y_{i+1} z_{i+1}$ is determined using the following values: the angles α_1 and β_1 of rotation around axes x_i and y_i , respectively, until the alignment of the direction of the axis \mathbf{e}_i, z_i with \mathbf{e}_n ; the length of the link $D = O_i O_{i+1}$; and the angles α_2 and β_2 of the rotation of the axis \mathbf{e}_n, z_n until its alignment with axis \mathbf{e}_{i+1} .

Abovementioned formalised description of elements allows us to represent arbitrary mechanism whether it has serial, closed or hybrid kinematic chain containing presented elements.

ALGORITHM OF AUTOMATIC KINEMATIC ANALYSIS OF MECHANISMS WITH CLOSED KINEMATIC CHAINS

The main purpose of kinematic analysis of mechanisms lies in defining their properties, such as degrees of freedom, mobility, work area etc. All the properties characterize a mechanism's kinematics and are obtained from its mathematical description, which is an indispensable component for the kinematic analysis, as well as for the synthesis of operation algorithms for automatic control systems. The problem of automation of the derivation of mathematical models resulted in holding of international conferences on computational kinematics such as [4-6].

The method of formalised description of mechanisms proposed in this article is used for obtaining their mathematical description in form of automatic derivation of its kinematic equations. Originally developed software for the automatic formation of kinematic equations of serial mechanisms [7] was modernised by adding the function of defining closed loops on the stage of obtaining kinematic chain of a mechanism (Fig.4) from formalised description that contains sufficient information about its structure.

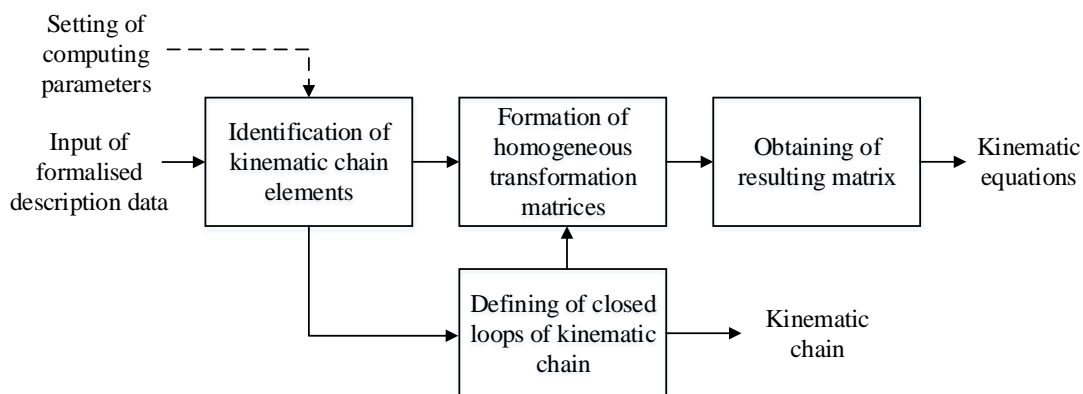


Fig. 4. An algorithm of developed software.

An algorithm of developed software transforms formalised description of a

mechanism with closed or hybrid kinematic structure into its mathematical description in form of kinematic equations. In Fig. 4 the first software module identifies all kinematic chain elements and builds kinematic graph for defining the sequence of elements from the base to end characteristic point (or end effector in case of manipulation robot) as well as closed loops of described kinematic chain.

The following step of the algorithm generates homogeneous transformation matrices that are used to define all dependent constructive parameters of the closed loops and derive kinematic equations of chosen characteristic point.

At the final step, the product of all matrices \mathbf{T}_j forms the total matrix \mathbf{T}_{0t} as well as the matrices $\mathbf{T}_{i k}$ of every closed part of kinematic chain which are equals to identity matrix \mathbf{I} :

$$\mathbf{T}_{0t} = \prod_{j=0}^t \mathbf{T}_j ;$$

$$\mathbf{T}_{i k} = \prod_{j=i}^k \mathbf{T}_j, \quad \mathbf{T}_{i k} = \mathbf{I}$$

The matrix \mathbf{T}_{0t} determines the angular and linear position of the end characteristic point of the mechanism kinematic chain in the base Cartesian system of axes $O_0x_0y_0z_0$, while matrices $\mathbf{T}_{i k}$ defines dependant parameters and reduce kinematic equations arguments.

FORMALISED DESCRIPTION AND KINEMATIC ANALYSIS OF SLIDER-CRANK MECHANISM

The Slider-crank mechanism is designed to transform straight line motion to rotational motion and vice versa. Its kinematic scheme is presented in Fig. 5.

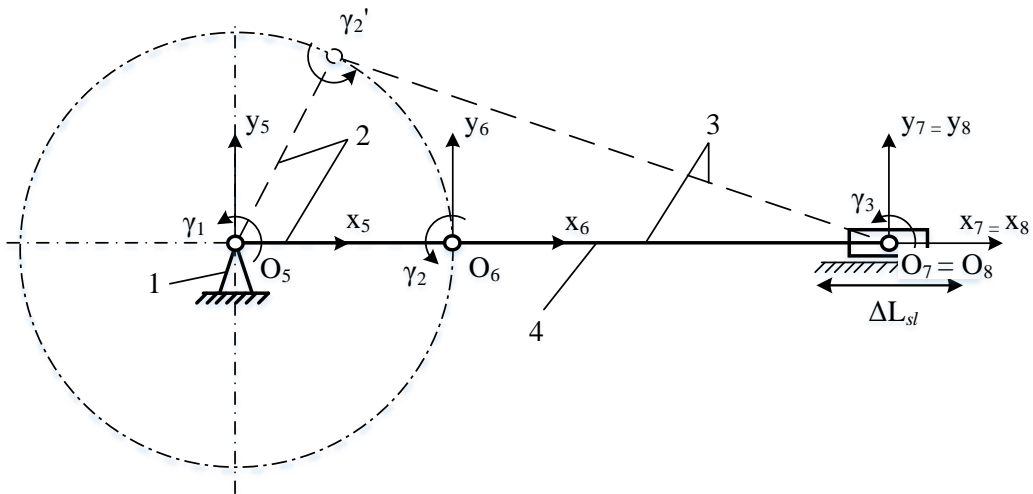


Fig. 5. Slider-crank mechanism kinematic scheme.

Formalised description of Slider-crank mechanism include 8 elements of its kinematic scheme (including the base). All its descriptions are presented below in table 1.

Table 1 – Formalised description of Slider-crank elements

Element	Formalised description
1. Base	$LOR[1;5;8]$
2. Crank rod	$LRR[2;5;6;\mathbf{L}(L_{Cr}, 0, 0)]$
3. Connecting rod	$LRR[3;6;7;\mathbf{L}(L_{rod}, 0, 0)]$
4. Slider	$LRP[4;8;1;\mathbf{L}(-L_{sl}, 0, 0)]$
5. Crank rotary joint	$J1R[5;1;2;\mathbf{T}_z(\gamma_1)]$
6. Rotary joint of Rods	$J1R[6;2;3;\mathbf{T}_z(\gamma_2)]$
7. Slider rotary joint	$J1R[7;3;4;\mathbf{T}_z(\gamma_3)]$
8. Slider prismatic joint	$J1P[8;4;1;\mathbf{L}(\Delta L_{sl}, 0, 0)]$

For simplicity all constructive parameters of Cartesian axes transitions and rotations are presented in vector-matrix form. The structural parameters are used for building kinematic graph and defining closed structure. The formalised description of Slider is closing the graph with the nodes $\gamma_1, \gamma_2', \gamma_3$. The node γ_2' is equivalent to γ_2 and shown for illustrative purposes. When calculating the total matrix of the closed kinematic chain it is supposed that the first Cartesian axes system coincide with the last. It can be written as:

$$\mathbf{T}_1(0) \cdot \mathbf{T}_5(\gamma_1) \cdot \mathbf{T}_2(L_{Cr}) \cdot \mathbf{T}_6(\gamma_2) \cdot \mathbf{T}_3(L_{rod}) \cdot \mathbf{T}_7(\gamma_3) \cdot \mathbf{T}_8(\Delta L_{sl}) \cdot \mathbf{T}_4(L_{sl}) = \mathbf{I},$$

where $\mathbf{T}_1 \dots \mathbf{T}_8$ – homogeneous transformation matrices of each element.

Described above software generates the following matrix equality.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A}_{3 \times 3} & \mathbf{L}_{3 \times 1} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \mathbf{I}_{4 \times 4};$$

$$\mathbf{A}_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} \mathbf{C}(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) & -\mathbf{S}(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) & 0 \\ \mathbf{S}(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) & \mathbf{C}(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad (27)$$

$$\mathbf{L}_{3 \times 1} = \begin{bmatrix} L_{Cr} \cdot \mathbf{C}(\gamma_1) + L_{rod} \cdot \mathbf{C}(\gamma_1 + \gamma_2) - (L_{sl} + \Delta L_{sl}) \cdot \mathbf{C}(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) \\ L_{Cr} \cdot \mathbf{S}(\gamma_1) + L_{rod} \cdot \mathbf{S}(\gamma_1 + \gamma_2) - (L_{sl} + \Delta L_{sl}) \cdot \mathbf{S}(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Equating the elements of the matrices generate a linear connection:

$$\left. \begin{array}{l} C(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) = 1 \\ S(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 180^\circ \quad (28)$$

Using dependency (28) the equations (27) are simplified:

$$L_{Cr} \cdot C(\gamma_1) + L_{rod} \cdot C(\gamma_1 + \gamma_2) - L_{sl} - \Delta L_{sl} = 0;$$

$$L_{Cr} \cdot S(\gamma_1) + L_{rod} \cdot S(\gamma_1 + \gamma_2) = 0.$$

CONCLUSION

The formalised description of closed kinematic chains presented in the article allows reflecting all the information on their structures and parameters. It was the core element for developing an algorithm and software for building the kinematic graph of a mechanism, and automatic derivation of its kinematic equations along with defining the linear connection of closed kinematic chains parameters which is significant part of their kinematic analysis.

REFERENCES

- [1] A. Yakovlev, A. Malysenko. Obtaining manipulators kinematic models from its formalised description: Proceeding of the 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON 2015), IEEE Computer Society, May 21–23, 2015, Omsk State Technical University, Omsk.
- [2] A. Yakovlev, A. Malysenko. Automatic derivation of kinematic equations of deployable solar panel arrays: International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON–2016). Proceedings. – Moscow: The Tomsk IEEE Chapter & Student Branch. Russia, Moscow, May 12-14, 2016.
- [3] M. Ranjbarkohan. Kinematics and kinetic analysis of the slider-crank mechanism in otto linear four cylinder Z24 engine. Journal of Mechanical Engineering Research Vol. 3(3), pp. 85-95, March 2011
- [4] Interdisciplinary Applications of Kinematics: Proceeding of the International Conference, Lima, Peru by Andrés Kecskemthy, Veljko Potkonjak, Andreas Müller (Jan. 16, 2012).
- [5] Andrés Kecskeméthy, Veljko Potkonjak, Andreas Müller (Editors). Interdisciplinary Applications of Kinematics: Proceeding of the International Conference, Lima, Peru by (Jan. 9–11, 2008). – Springer, 2008.
- [6] Computational Kinematics: Proceeding of the 5th International Workshop on Computational Kinematics by Andrés Kecskeméthy and Andreas Müller (Oct. 19, 2010).
- [7] A. S. Yakovlev, A. M. Malysenko, Software of kinematic models automatic generation in symbolic and numerical forms for machines with open kinematic chains and junctions third, fourth and fifth class / A. S. Yakovlev, A. M. Malysenko. Programmnoe obespechenie dlja avtomaticheskogo formirovanija modelei kinematiki w simwolnoi i chislennoi formah dlja mehanismow s razomknutimi kinematicheskimi tsepjami i sochlenenijami tretjego, chetwertogo I pjatogo klassow || Swidetalstwo Rossiiskoi Federecii o gosudarstwennoi registracii programmi dlja EWM № 2013615109 ot 28.05.2013 g.



NCSIE

Международная мультиконференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

AUTOMATIC 3D HUMAN BODY MODELLING

A. Yu. Kuchmin & Somar Karheily

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
somar.karheily@gmail.com

Abstract

the study is about human detection techniques, contour extraction, deformation and 3D human model building. Starting from existing techniques of detection, we build a 3-layers adaptive system which use information from collection of detection methods, evaluate that information by calculating correctness measurement and system dynamic parameters, and then building the human model depending on the final decisions about the methods outputs.

INTRODUCTION

Human detection is a constantly expanding research area due to number of applications for surveillance (behaviour analysis), security (pedestrian detection), control (human-computer interfaces), and also for human modelling and animating, however, it is a complex task to achieve due to unlimited various poses the human body can take, and enormous differences that exist between individuals.

There are several techniques for human detection, but there is no complete answer for exact human detection, so we use information from several methods and gather information from all of them, then we choose the best detection results depending on knowledge base and rules that constrain the human body shape and poses.

Main goal

The main goal is to get the contour of the human body and subtract it from the background then deforming it to parts, then using these parts to create the 3D model of the body, the input of the system is a video stream from the camera, then by applying human detection techniques and methods, the body contour will be extracted.

After implementing the techniques of detection, the next step will be gathering the output of each method (the contour), and giving every result an adaptive priority, then take the final decision about the contour according to these priorities.

And every time, the system adapts the priorities of the methods and meta-data of the system according to the performance.

Related work

In the recent years were a lot of work in human detection and motion capture of the body, the main techniques were HOG (Histograms of Oriented Gradients) and Neural networks, Bayesian similarity measurement etc.

Using each method of those will give different results depending on the training data, work environment, body state and other factors. So we present a way to evaluate the correctness of each method in working environment by building adaptive system which collect correctness and statistics of the previous results, and update the priority and weight of each method in work.

System description

The system consists of three layers:

- 1- Layer 1, is the detection layer, which is responsible of detecting the human body area. In this layer there are the known techniques of human body detection.

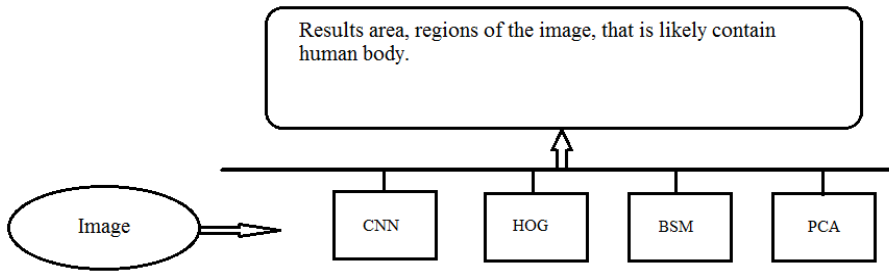


Figure 1, layer-1 block

- 2- Layer 2, is body deformation, which is responsible for determining the human pose by recognizing each part of the body, depending on contour curve salience study and body shape geographical constraints.
- 3- Layer 3, building the 3D human model depending on the decision made in layer 2, and updating the system parameters for each method, (priority, accuracy).

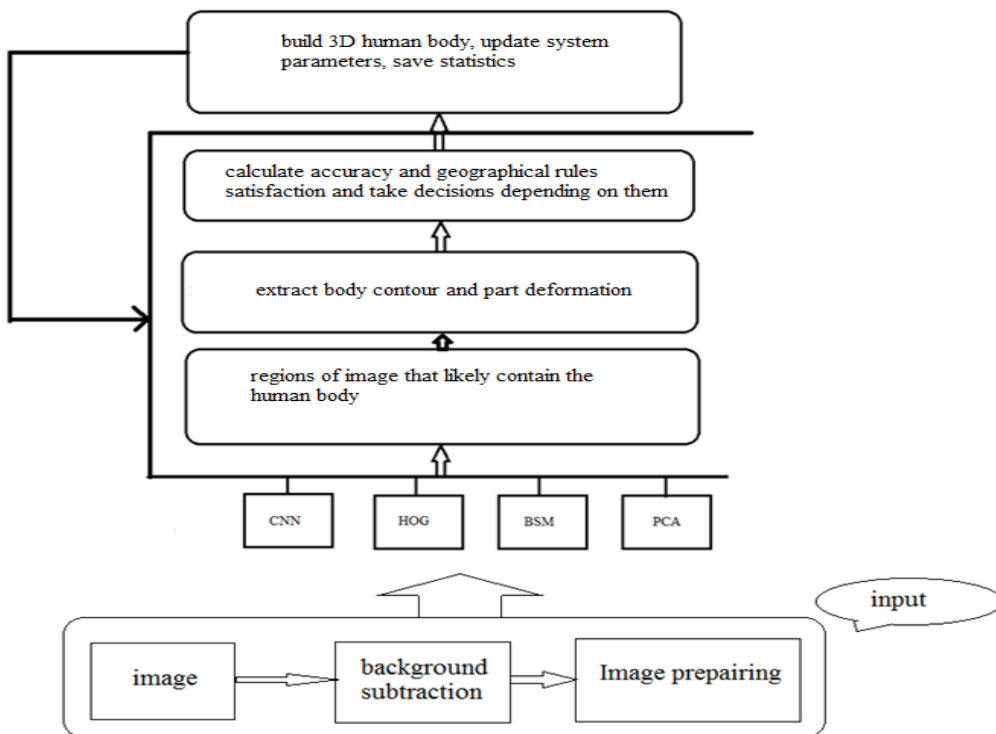


Figure 2, system block

IMPLEMENTATION

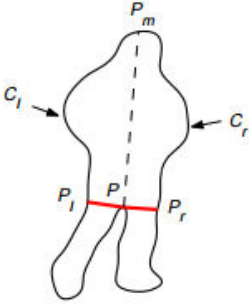
Layer 1

There are already known methods for detection, so we used the for experimental goals two separated methods, HOG and NN, with ability to add any other implemented method to the system, each method in this layer gives an area which contain the human body (as a bounding box), and pass it to the next layer.

Layer 2

In this layer, we extract the human contour out of the area, then we deform it into parts, using the curve salience study.

First we find the basic points in the contour, which are the “negative curvature minima (NCM). Each one of these points are located on body part edge. (Hoffman and Richards’s minima rule), and finally we search for the shortest cut for each point of NCM, as follow:



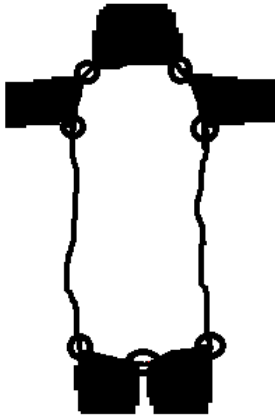
$$p_l = \operatorname{argmin}_{p'} (|\overline{pp'}|) \quad s. t. \frac{|\overline{pp'}|}{|\overline{pp'}|} > T_p, p' \in C_l, \overline{pp'} \in S$$

$$p_r = \operatorname{argmin}_{p'} (|\overline{pp'}|) \quad s. t. \frac{|\overline{pp'}|}{|\overline{pp'}|} > T_p, p' \in C_r, \overline{pp'} \in S$$

where S is a silhouette, C be the boundary of S , P is a point on C with NCM, and p_m be a point on C so that P and p_m divide the boundary C into two curves C_l, C_r of equal arc length. The ends p_l and p_r of the two cuts which satisfy the previous equations.

After finding the cuts and deforming the parts, we calculate the accuracy depending on the geometrical rules of the human body as aspect ratio, mass centre position, relative positions of parts, and intersection between results of used methods.

Here it is a result from these layer:



Layer 3

After determining the parts of the body, we construct the 3D model depending on the data of the parts skeleton and texture (which are built gradually by completing missing data through moving), and updating the priority of each method depending on the its correct results.

Experiments

After using more than one method to detect and determine human body pose, we get more robust system for detection, and by collecting and evaluating information from each one of them, we reach better result from depending on one technique.

CONCLUSION

Using such way for detecting and estimating body pose, can be more useful for parallel framework, when each method works independently, and the system customize the whole result output depending on evaluating each method during the system work.

References

- [1] Qiang Zhu, Shai Avidan, Mei-Chen Yeh, Kwang-Ting Cheng. (2006). Fast Human Detection Using a Cascade of Histograms of Oriented Gradients.
- [2] Bo Chen, Pietro Perona, Lubomir Bourdev. Hierarchical Cascade of Classifiers for efficient Poselet Evaluation.
- [3] Yunsheng Jiang and Jinwen Ma. (2015). Combination Features and Models for Human Detection.
- [4] Yutaro Takayanagi and Jiro Katto. Human Body Detection using HOG with Additional Color Features.
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Histogram_of_oriented_gradients
- [6] Navneet Dalal and Bill Triggs. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection.
- [7] YIYAN XIONG. (2011). Automatic 3D human modeling: an initial stage towards 2-way inside interaction in mixed reality.
- [8] <https://en.wikipedia.org/wiki/Eigenface>
stay within this.



Международная мультikonференция
Сетевое партнерство в науке,
промышленности и образовании
4-6 июля 2016, Санкт-Петербург, Россия

BIG DATA APPLICATION FOR ANALYSIS OF NEONATAL

Sipan Arevshatyan, Houcine Hassan, Carlos Dominguez

Department of Computer Engineering
Universitat Politecnica de Valencia
Camino de Vera, s/n
46022 Valencia, Spain

sipan4434@gmail.com, husein@disca.upv.es, carlosd@disca.upv.es

Abstract

The work presented in this paper is the result of a collaboration between researchers of the Universidad Politécnica de Valencia, Spain and Gavar State University, Armenia within the framework of the Euroeast Erasmus Mundus Project in the area of ICT. This paper describes neonatal healthcare problems and shows ways to analyse the information using modern technologies like Big Data, Hadoop, and Map Reduce programming in order to help doctors to solve these problems. In the work we have evaluated 4 characteristics of 10 patients by designing an algorithm to analyse the data. We also propose a formula to estimate the situation of the patient and create a graphic by using this formula. In this paper we explain the concept, characteristics, benefits of Big Data, state the problem in neonatal health care, provide useful information about related works, show that Big Data do exist in hospitals and conclude the work.

INTRODUCTION

Due to the human activities, a lot of information is being created every day. One of the most interesting field of these activities can be considers health care and particularly neonatal health care as there are a lot of neonates who are born with some health problems.

Thus, doctors need to use the information coming from NICU tools in order to make right decisions. Sometimes the information is so big and it is useful to use modern technologies in order to achieve good results. In this point of view, we can say that doctors usually are dealing with Big Data. Big Data is a term for massive data sets having large and complex structure with the difficulties of capturing, storing, searching,

sharing, analysing, transferring and visualizing for the future processes. Big data in neonatal health care can be described by three main components: variety, velocity and volume.

Volume. The quantity of generated data in NICU is important in this context. The size of the data determines the value and potential of the data under consideration, and whether it can actually be considered Big Data or not. The name ‘Big Data’ itself contains a term related to size, and hence the characteristic.

Velocity. In this context, the speed at which the data is generated and processed to meet the demands and the challenges that lie in the path of growth and development. For example, smart infusion pumps (SIPs) contribute can provide more than 60 different types of data every 10 seconds.

Variety. The type and nature of the data. This helps people who are associated with and analyse the data to effectively use the data to their advantage and thus uphold its importance.

Benefits of Big Data

Google, eBay and LinkedIn were among the first to experiment with Big Data. They developed proof of concept and small-scale projects to learn if their analytical models could be improved with new data sources. In many cases, the results of these experiments were positive. Many companies have begun to achieve real results with the approach, and are expanding their efforts to encompass more data and models.

Cost reduction. Big Data technologies like Hadoop, HPC Systems, R and cloud-based analytics can provide substantial cost advantages. While comparisons between big data technology and traditional architectures (data warehouses and marts in particular) are difficult because of differences in functionality, a price comparison alone can suggest order-of-magnitude improvements.

Faster, better decision making. Analytics has always involved attempts to improve decision making, and Big Data doesn’t change that. Large organizations are seeking both faster and better decisions with Big Data, and they are finding them.

New products and services. Perhaps the most interesting use of Big Data analytics is to create new products and services for customers. Online companies have done this for a decade or so, but now predominantly offline firms are doing it too.

Health care systems. We are living in a hyper-personalized world, but healthcare seems to be one of the last sectors still using generalized approaches. When someone is diagnosed with cancer they usually undergo one therapy, and if that doesn’t work, the doctors try another, etc. But what if a cancer patient could receive medication that is tailored to his individual genes? This would result in a better outcome, less cost, less frustration and less fear. There are a lot of systems based on Big Data which help doctors to make decisions and help patients.

RELATED WORK

The market for healthcare services has increased exponentially. This is due to

the growing tendency for personal healthcare to move away from the traditional hubs of healthcare, such as hospitals and clinics, to the private home and especially the mobile environment. In most developed countries an aging population contributes to the growth in the demand for distributed healthcare services. As a result of the nature of healthcare, the precision and real-time delivery of data is crucial. To fulfil all these requirements, advanced and smart technologies should be applied.

One of the very smart technologies was designed by Carolyn McGregor, University of Ontario Institute of Technology, Canada. The platform is called Artemis. Artemis is an online health analytics platform that enables concurrent diagnoses of multiple patients through real-time analysis of multiple data streams. It supports acquisition and storage of patients' information for the purpose of online analytics. Artemis is currently implemented in and used to help sick children in Ontario, Canada and the research team is going to deploy the platform in other cities of Canada as well as in China and Australia.

Another research made in USA by Rollins School of Public Health, Emory University, USA shows the importance of maternal health during pregnancy. The research was held in 13 states of the USA. It states that smoking increased infant length of stay by 1.1%. NICU infants cost \$2496 per night while in the NICU and \$1796 while in a regular nursery compared to only \$748 for non-NICU infants. Multivariate analysis is used to estimate the relationship of smoking to probability of admission to an NICU and, separately, the length of stay for those admitted or not admitted to an NICU.

SPECIFICATION AND EVALUATION

Big Data and health care

Probably some years ago, one might not expect these two areas might to even be mentioned in the same sentence. But now they are coming together and tend to change the face of the medicine. The coming together of healthcare and Big Data means higher tech medical solutions for the general problems in medicine. Particularly, high tech medical solutions could be implemented in neonatal health care.

In this article the problem is related to the analysis of vital variables of neonates in hospital.

A neonatal intensive-care unit (NICU), also known as an intensive care nursery (ICN), is an intensive-care unit specializing in the care of ill or premature new born infants. While a child is inside of NICU medical devices generate a lot of information. Devices monitor physiological data streams that reflect the functioning of vital organs while others provide ventilation support. Sometimes the information is so big that we can say that doctors deal with Big Data. In this point of view it is important to gather the information and use it in order to make decisions.

The information coming from NICU can vary. Here are some examples of the Bid Data in NICU: Many NICU patients have heart activity monitored by electrocardiography (ECG), which can sample up to 1,000 readings a second to

construct a waveform signal demonstrating the functioning of the heart. This translates to 86.4 million readings a day per patient. From this source signal, the ECG device also derives the heart rate and respiration rate, with each of these signals producing 86,400 readings a day per patient.

Drug and nutrition infusion data from smart infusion pumps (SIPs) contribute to the big data problem. SIPs can provide more than 60 different types of data every 10 seconds. If a new born stays in the NICU for 30 days, one SIP can generate 4.4 Mbytes of data per hour, 106 Mbytes of data per day, and 3 Gbytes of data monthly. Preterm infants can be connected to up to 13 SIPs, resulting in 39 Gbytes of drug infusion data from a single patient per month. And a lot of information could be generated and this information should be processed in order to help and survive new born children.

It's very important to mention that maternal health is closely linked to new born survival. While great strides have been made in reducing global child mortality, new-borns now account for 44 percent of all childhood deaths. Each year, 2.9 million new-borns needlessly die within their first month and an additional 2.6 million are stillborn. The main causes, which are preventable and treatable, are complications due to prematurity, complications during delivery, and infection.

The analysis showed that maternal smoking increased the relative risk of admission to an NICU by almost 20%. For infants admitted to the NICU, maternal smoking increased length of stay while for non-NICU infants it appeared to lower it. Over all births, however, smoking increased infant length of stay by 1.1%.

Healthcare application

For this research, we will use 4 main characteristics to analyse: heart rate, respiratory rate, lower blood pressure and upper blood pressure. The data are generated randomly. We suppose that this data are generated by NICU. Diagram 1, diagram 2, diagram 3 and diagram 4 show how heart rate, respiration rate, lower blood pressure and upper blood pressure are being changed during the time.

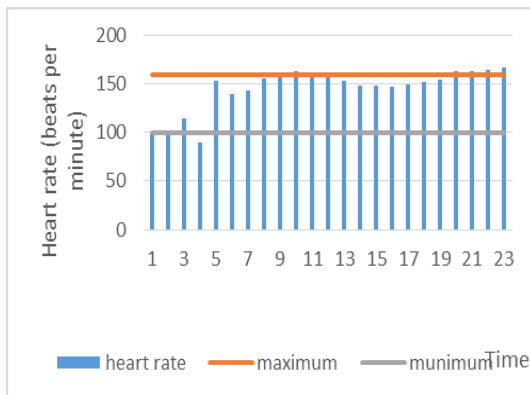


Diagram 1: Heart Rate

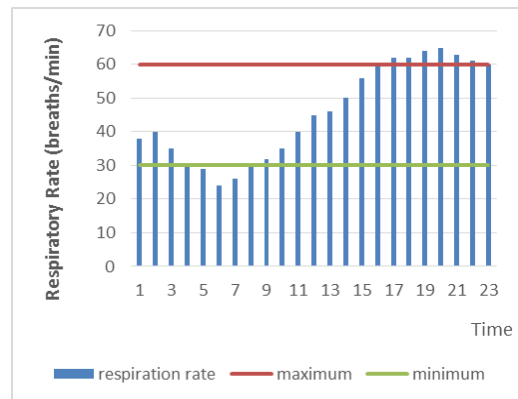


Diagram 2: Respiratory rate

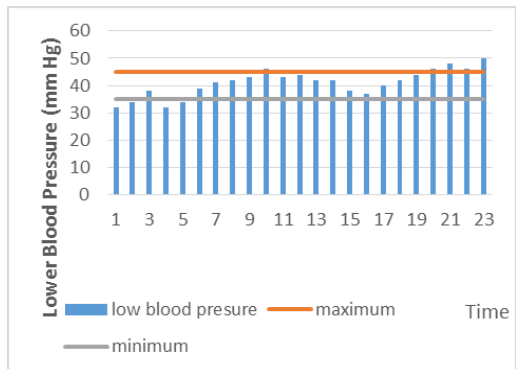
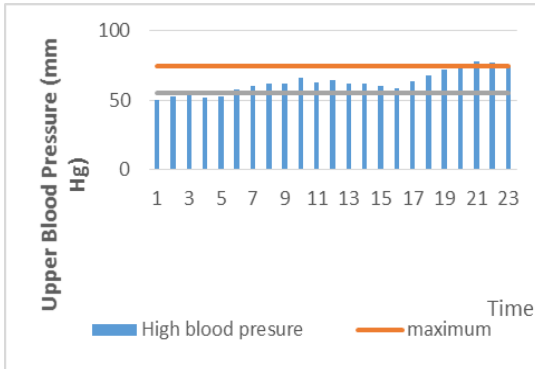


Diagram 3: Upper Blood Pressure (mm Hg)

Diagram 4: Lower Blood Pressure (mm Hg)

Then we use Hadoop and Map Reduce programming in order to extract information for the patient or patients. A large part of the power of Map Reduce comes from its simplicity. Map Reduce works by breaking the processing into two phases: the map phase and the reduce phase. Each phase has key-value pairs as input and output, the types of which may be chosen by the programmer. The programmer also specifies two functions: the map function and the reduce function. Below is presented the algorithm of simple program Word Count as well as one example of the demonstration of the program, which can be implied into the hospital.

Proposed algorithm

The mapper emits an intermediate key-value pair for each word in a document.

The reducer sums-up all the counts for each word.

```

1: class Mapper
2:     method Map(docid a; doc d)
3:         for all term t ∈ doc d do
4:             Emit(term t; count )
1: class Reducer
2:     method Reduce(term t; counts [c1; c2; : : :])
3:         sum = 0
4:         for all count c ∈ counts [c1; c2; : : :] do
5:             sum = sum + c
6:         Emit(term t; count sum)

```

To visualize the way the map works, consider the following sample lines of input data.

name0-96-43-27-22; name2-77-170-4-28; name1-75-80-103-21;
name0-76-42-28-9; name2-74-188-77-30; name1-75-70-91-67;
name0-69-173-80-36; name2-75-47-7-36; name2-87-101-23-32;
name1-89-93-40-45 Etc...

Here the lines present records of the patients. Every part of the line has its own meaning: Thus, first part is the name; second part is the heart rate, then upper blood pressure and lower blood pressure and finally respiration rate.

These lines are presented to the map function as the key-value pairs:

(0, name0-96-43-27-22); (16, name2-77-170-4-28);(32, name1-75-80-103-21) Etc...

The keys are the line offsets within the file, which we ignore in our map function. The map function merely extracts the name and the heart rate (indicated in bold), and emits them as its output (the heart rate values have been interpreted as integers):

(name0, 96); (name2, 77);(name1, 75) etc...

The output from the map function is processed by the Map Reduce framework before being sent to the reduce function. This processing sorts and groups the key-value pairs by key. So, continuing the example, the reduce function sees the following input:

(name0, [96, 76, 69]); (name1, [75, 75, 89]); (name2, [77, 74, 75, 87])

Each name appears with a list of all its heart rate readings. All the reduce function has to do now is iterate through the list and pick up the maximum reading:

(name0, 96); (name1, 89); (name2, 87)

This is the final output: the maximum heart rate for each patient. The information can be saved as a txt file and will be ready for future use and analysis.

EXPERIMENTAL RESULTS

In this research, we used Intel® Core™ i5-660, 3.33GHz×4, Memory 3.7GB computer. In the file, which is going to be analysed, we have millions of lines. The size of the file is 37.9MB (1 million lines). This file contains 4 characteristics of 10 patients. After the running of the program, we can see that the map reduce program works correctly and emits data we need. In this case, we see the maximum heart rate for each patient. The same algorithm could be used to emit data about other characteristics (respiration rate, lower blood pressure etc.).

The doctor also can estimate the time. In this case, we see that the CPU time spent is 9480 ms. In order to decrease the time we only should add computers.

In addition to this we offer the equation below to evaluate the state of the patient:

$$F = \alpha X + \beta Y + \gamma Z + \theta Q$$

$$\text{Where: } X = \frac{X_1}{X_{\max}}; \quad Y = \frac{Y_1}{Y_{\max}}; \quad Z = \frac{Z_1}{Z_{\max}}; \quad Q = \frac{Q_1}{Q_{\max}}$$

X_{\max} – maximum heart rate of the patients; Y_{\max} – maximum respiratory rate of the patients; Z_{\max} – maximum upper blood pressure of the patients; Q_{\max} – maximum lower blood pressure of the patients; X_1 , Y_1 , Z_1 and Q_1 are current heart rate, respiratory rate, upper blood pressure and lower blood pressure representatively.

For the research we assume that $\alpha=\beta=\gamma=\theta=0.25$ and

$F \in [0, 0.3] \rightarrow \text{Bad condition}$ $F \in [0.31, 0.8] \rightarrow \text{Normal condition}$

$F \in [0.81, 1] \rightarrow \text{Dangerous condition}$

For example let us assume that $X_1=98$, $Y_1=38$, $Z_1=50$ and $Q_1=32$; according to the database $X_{\max}=200$, $Y_{\max}=80$, $Z_{\max}=100$, $Q_{\max}=50$.

$$F = 0.25 * \frac{98}{200} + 0.25 * \frac{38}{80} + 0.25 * \frac{50}{100} + 0.25 * \frac{32}{50} \approx 0.52$$

As $F \approx 0.52$ it means that the condition of the patient is normal. We can evaluate the overall situation of 10 patients by using this formula. So, doctors can gather the information from NICU and apply the application and use a formula to make decisions. In Diagram 5 it is shown patient's situation for last 24 hours.

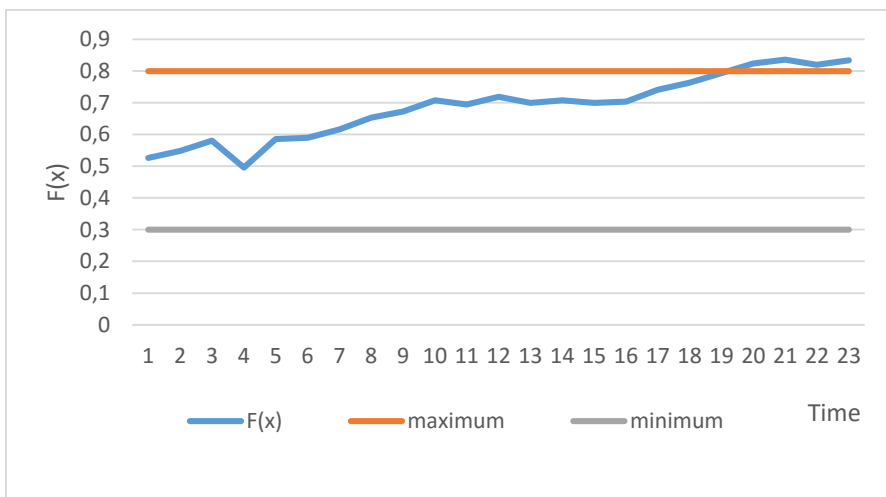


Diagram 5: Combined F(x) formula

By analysing data of the patient we can see that last 4 records could be considered as “Dangerous” because the value is out of the range (accordingly 0.824; 0.835; 0.819 and 0.833).

CONCLUSION

Big data is a term that describes the large volume of data. Big data can be analysed for insights that lead to better decisions. One of the most interesting field of Big Data can occur is health care. Big Data in healthcare is being used to predict epidemics, cure disease, improve quality of life and avoid preventable deaths. In this paper we tried to use Big Data technologies to help doctors in decision making process. In this paper we have presented an application which could be developed further and used in order to help patients in the hospital. In addition to this, an equation is presented which would allow to estimate the current situation of the patients.

REFERENCES

- [1] Carolyn McGregor, University of Ontario Institute of Technology, Canada. Big Data in Neonatal Intensive Care
- [2] McGregor, C, Catley, C., James, A., & Padbury, J. (2011). Next Generation Neonatal Health Informatics with Artemis. Medical Informatics Europe (MIE) 2011.
- [3] Adams EK1, Miller VP, Ernst C, Nishimura BK, Melvin C, Merritt R. 2002, Neonatal health care costs related to smoking during pregnancy
- [4] <http://www.gatesfoundation.org/What-We-Do/Global-Development/Maternal-Newborn-and-Child-Health>
- [5] Bernard Marr, April 2015, Forbs. How Big Data Is Changing Healthcare. <http://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/04/21/how-big-data-is-changing-healthcare/#6dcf69cf32d9>
- [6] C. McGregor et al., "Late Onset Neonatal Sepsis Detection in Newborn Infants via Multiple Physiological Streams," J. Critical Care, vol. 28, no. 1, 2013, pp. e11-e12.
- [7] Carolyn McGregora, Andrew Jamesb,c,a, Mike Eklundd, Daby Sowe, Maria Eblinge, Marion Blounte © 2013 IMIA and IOS Press. Real-time Multidimensional Temporal Analysis of Complex High Volume Physiological Data Streams in the Neonatal Intensive Care Unit
- [8] M. Blount et al., "Real-Time Analysis for Intensive Care: Development and Deployment of the Artemis Analytic System," IEEE Eng. in Medicine and Biology Magazine, vol. 2010, pg 110 – 118
- [9] Hadoop: The Definitive Guide, Tom White, 2012
- [10] Hadoop: Open source implementation of MapReduce. <http://lucene.apache.org/>
- [11] <http://bigdatauniversity.com/>
- [12] <http://hadoop.apache.org/>