

Учреждение образования "Белорусский  
государственный университет информатики  
и радиоэлектроники"

УДК 004.78

КУЛИКОВ  
Святослав Святославович

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ  
В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Минск, 2008

Работа выполнена в учреждении образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники"

Научный руководитель:

Бахтизин Вячеслав Вениаминович  
кандидат технических наук, доцент,  
учреждение образования  
"Белорусский государственный  
университет информатики и  
радиоэлектроники", заведующий кафедрой  
программного обеспечения  
информационных технологий

Курбацкий Александр Николаевич  
доктор технических наук, профессор  
Белорусский государственный  
университет,  
заведующий кафедрой технологии  
программирования

Скудняков Юрий Александрович  
кандидат технических наук, доцент,  
учреждение образования  
"Минский государственный высший  
радиотехнический колледж",  
заведующий кафедрой информатики

Опонирующая организация

Главный информационно-аналитический  
центр Министерства образования  
Республики Беларусь

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация управления программными, сетевыми и информационными ресурсами в системах дистанционного обучения (СДО) предполагает использование информационных технологий с целью снижения затрат на организацию технической составляющей обучающего процесса, исключения необходимости выполнения человеком рутинных процедур по управлению СДО. В наибольшей степени автоматизация управления ресурсами в системах дистанционного обучения актуальна для периода формирования единого образовательного информационного пространства, к решению о создании которого на сегодняшний день пришли многие учреждения образования.

Осуществляется разработка электронных пособий, учебно-методических материалов и программных средств, но отсутствуют методы, позволяющие *автоматизировать объединение* созданных разработок в единое информационное образовательное пространство *и управление* полученными ресурсами СДО.

На основании вышеизложенного выделим *актуальную проблему*, недостаточно проработанную на текущий момент: *разработка высокопроизводительных современных методов и программных средств автоматизации управления программными и информационными ресурсами информационно-образовательных систем и систем дистанционного обучения*. Такие методы и программные средства (ПС) должны описывать и позволять реализовать на практике объединение гетерогенных разрозненных СДО в единые информационные комплексы с целью повышения технической эффективности процесса дистанционного обучения. Такие методы и ПС не должны требовать высоких первоначальных инвестиций, что является важным для учреждений образования Республики Беларусь и стран ближнего зарубежья.

Современные СДО оперируют большими объёмами данных (в т.ч. мультимедийных) и вынуждены решать вычислительно сложные задачи. Обработка и передача такого объёма данных ставит перед разработчиками СДО задачу повышения технической эффективности функционирования систем этого класса. Одним из решений данной задачи является автоматизация управления программными, сетевыми и информационными ресурсами в СДО, направленная на повышение быстродействия и надёжности таких систем.

О высокой востребованности разработок такого класса свидетельствует тот факт, что представители многих учреждений образования ведут собственные или при поддержке государства или коммерческих организаций разработки технических средств автоматизации управления программными и информационными ресурсами в СДО на качественно новом уровне, позволяющем создать единую базу данных и знаний, сформировать общие механизмы управления накопленной информацией, её систематизации, обработки и представления в виде, удобном для восприятия потребителями.

Настоящая диссертационная работа посвящена разработке методов и программных средств, позволяющих решать технические задачи по автоматизации управления программными, сетевыми и информационными ресурсами в СДО, возникающие при создании новых и реорганизации существующих систем и

ПС дистанционного обучения с целью их адаптации к требованиям, обусловленным современным этапом развития информационных технологий. Целью диссертационной работы является разработка методов и программных средств автоматизации управления программными, сетевыми и информационными ресурсами в СДО, а также оценка предложенных методов и программных средств на основе практических исследований.

Под СДО в диссертационной работе понимается класс распределённых информационных систем, выполняющих сложные вычислительные задачи на больших объёмах данных в условиях ограниченности доступных ресурсов. Предлагаемые модели и методы позволяют СДО функционировать в таких условиях с заданным уровнем производительности и надёжности.

Предлагаемые в диссертационной работе модели и методы применимы также вне рамок разработки СДО, однако показывают наилучшие результаты именно в данной области, т.к. разработаны с учётом её специфики.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь работы с крупными научными программами, темами**

Исследования, положенные автором в основу диссертационной работы, а также выполняемые им в ходе работы, нашли отражение в следующих НИР:

- "Участие в работах по анализу проблем взаимного доступа к информационным ресурсам банковской системы РБ в целях создания общего информационного пространства", "Рекомендации по созданию общего информационного пространства и систем взаимного доступа" (х/д № 29 от 15.04.2004).
- "Участие в разработке новой версии документа "Положение о порядке создания автоматизированных систем, подсистем и отдельных компонентов информационной системы НБ РБ" (х/д № 37 от 21.05.2004)
- "Разработать методы, алгоритмы и программные модули для исследования характеристик, оценки технического состояния и диагностирования сложных систем" (№ ГР 2004305, деп. в ГУ "БелИСА" 07.04.06, № Д200618).
- "Разработать автоматизированную систему контроля реализации договорённостей между Республикой Беларусь и Российской Федерацией" (х/д № 00-1002).

### **Цель и задачи исследования**

*Целью* диссертационной работы является разработка методов и программных средств автоматизации управления программными, сетевыми и информационными ресурсами в СДО, а также оценка предложенных методов и программных средств на основе практических исследований.

Под СДО в диссертационной работе понимается класс распределённых информационных систем, выполняющих сложные вычислительные задачи на

больших объёмах данных в условиях ограниченности доступных ресурсов. Под управлением ресурсами понимается реорганизация взаимодействия ресурсов с целью повышения технической эффективности их функционирования и использования.

Разработанные методы и ПС позволяют автоматизировать сетевое взаимодействие приложений, входящих в состав систем дистанционного обучения, повысить производительность и надёжность существующих и разрабатываемых СДО. Цель определяет следующие задачи исследования:

1. Анализ направлений разработки и внедрения методов и программных средств автоматизации управления ресурсами в СДО.
2. Анализ существующих и разработка новых топологий взаимодействия приложений в рамках создания автоматизированных СДО.
3. Разработка метода автоматического анализа и формирования информационного наполнения СДО.
4. Разработка методов, снижающих затраты времени и нагрузку на оборудование и каналы связи при эксплуатации СДО.
5. Разработка методов, повышающих надёжность работы СДО.
6. Разработка программных средств с целью практической проверки разработанных методов.

*Объектом* исследования является взаимодействие программных, сетевых и информационных ресурсов систем дистанционного обучения и пути автоматизации и повышения технической эффективности такого взаимодействия.

*Предметом* исследования являются технологические и информационные процессы, определяющие формы и методы построения автоматизированных систем дистанционного обучения.

Предполагается, что разработка новых методов автоматизации управления программными, сетевыми и информационными ресурсами в системах дистанционного обучения позволит создать качественно новые современные, автоматизированные СДО, обладающие расширенным спектром технических возможностей и отвечающие требованиям современного этапа развития интернет-технологий.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Топологии взаимодействия приложений на основе *выделенных интегрирующих серверов, одноранговых интегрирующих модулей и смешанного взаимодействия*. Предложенные топологии позволяют на стадии программной реализации систем дистанционного обучения обеспечить более высокие показатели отказоустойчивости и автоматизированности управления ресурсами системы, чем существующие аналоги.
2. *Метод автоматической миграции и репликации приложений*. Позволяет автоматически принимать решение о копировании или перемещении приложений между серверами системы дистанционного обучения и т.о. позволяет минимизировать нагрузку на СДО и обеспечивать автоматиче-

ское восстановление СДО после сбоев и отказов. Прямых аналогов не имеет.

3. *Метод автоматического анализа и организации логических связей в распределённых информационных системах.* Позволяет упорядочить данные, устранить их избыточность и повысить степень формализованности информационного обучающего пространства. Отличается от существующих аналогов нечувствительностью к языковым особенностям обрабатываемых документов, а также меньшей вычислительной сложностью.
4. *Метод минимизации временных задержек при обмене информацией в распределённых системах дистанционного обучения.* Позволяет определить величину, характеризующую вероятность получения запрошенной информации из определённого источника за ожидаемое время. Применение данного метода позволяет повысить производительность систем дистанционного обучения без модернизации аппаратного обеспечения. Прямых аналогов не имеет.

### **Личный вклад соискателя**

Все вошедшие в диссертационную работу результаты были получены лично автором. Научный руководитель принимал участие в постановке задач, определении возможных путей решения, оценке результатов.

### **Апробация результатов диссертации**

Разработки, положенные в основу диссертационной работы, и результаты исследований докладывались и обсуждались на I, II, III, IV, V, VI Международных научно-методических конференциях "Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века" (Минск 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2007), Международной научно-практической конференции "Информатизация образовательных процессов: автоматизация управления, технологии, дистанционное обучение" (Минск, 2001), Международном научно-образовательном форуме "Европа-2002" (Минск, 2002), Международной научно-практической конференции "Инновационная деятельность в системе образования, науки и производства" (Минск, 2002), Международной научно-методической конференции "Использование информационных ресурсов и сетевых технологий обучения" (Минск, 2002), X Всероссийских (с международным участием) Туполевских чтениях (Казань, 2002), Международной научно-практической конференции "Интеграционные процессы в профессиональном образовании" (Минск, 2002), Международной научно-практической конференции "Образовательные технологии в подготовке специалистов" (Минск, 2003), научной конференции "Информационные и сетевые технологии – образовательная среда 21 века" (Минск, 2003), научной конференции "Проблемы и перспективы повышения квалификации научно-педагогических кадров" (Минск, 2003), Международной научно-методической конференции "Высшее техническое образование: проблемы и пути развития" (Минск, 2004), Международной научно-методической конфе-

ренции "Инженерно-педагогическое образование: проблемы и пути развития" (Минск, 2004), Международной научно-практической конференции "Информационные технологии в образовании" (Минск, 2004), Международной научно-практической конференции "Менеджмент качества в системе инженерного образования" (Минск, 2004), Международной научно-методической конференции "Актуальные проблемы радиоэлектроники: научные исследования, подготовка кадров" (Минск, 2005), Международной научно-методической конференции "Современная радиоэлектроника: научные исследования, подготовка кадров" (Минск, 2006), VIII и IX Международной школе-семинаре аспирантов, магистрантов и студентов "Современные информационные технологии" (2005, 2006), Международной научно-практической конференции "Современные информационные компьютерные технологии" (Гродно, 2008), Международной научно-практической конференции "Современная радиоэлектроника: научные исследования и подготовка кадров" (Минск, 2007, 2008).

### **Опубликованность результатов диссертации**

По материалам выполненных исследований опубликовано 28 научных работ, в том числе 6 статей в рецензируемых изданиях, 22 доклада на научных конференциях, получено три акта о внедрении в учебный и производственный процесс. Общее количество опубликованных материалов составляет 105 стр., из них автору принадлежит 72 страницы. Без соавторства опубликовано 18 работ, из них 4 статьи в рецензируемых изданиях. Общий объём публикаций составляет 1,62 авторского листа.

### **Структура и объём диссертации**

Основное содержание работы изложено на 104 страницах машинописного текста, иллюстрировано 25 рисунками (16 страниц), содержит 18 таблиц (11 страниц). Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырёх глав, заключения, библиографического списка, включающего 106 позиций, и восьми приложений (13 страниц). Общий объём работы – 144 страницы.

В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения. Во второй главе предложены топологии взаимодействия приложений СДО, основанные на предлагаемой автором модификации сервисно-ориентированной архитектуры и модели единого информационного пространства. В третьей главе предложены методы автоматизации управления СДО, направленные на повышение производительности и надёжности таких систем. В четвёртой главе представлены результаты практических исследований предложенных топологий и методов.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

**Во введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, показана практическая ценность работы.

**В общей характеристике работы** обоснована актуальность проводимого исследования, сформулированы цели и задачи исследования, охарактеризована научная и практическая значимость полученных результатов исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проведён анализ текущего состояния исследований в области автоматизации управления ресурсами в системах дистанционного обучения. Рассмотрены факторы, определяющие направления и этапы объединения образовательных информационных ресурсов и повышения технической эффективности их функционирования.

Выявлено, что оптимальным направлением развития образовательных информационных ресурсов является их преобразование на основе современных интернет-технологий, в т.ч. организация гибкого взаимодействия широкого набора разнородных приложений.

Проведён сравнительный анализ форматов представления данных в распределённых информационных системах (РИС). Исследованы особенности использования XML как универсального формата представления данных.

Проведено исследование возможности применения семантической паутины для автоматизации управления ресурсами при организации взаимодействия между компонентами СДО. Выявлено, что данная технология в полной мере соответствует современным требованиям к организации СДО и может быть использована как технологическое решение при реализации на практике предлагаемых в диссертационной работе методов.

Проведён анализ проблемы автоматизации взаимодействия образовательных информационных ресурсов. Выделены основные составляющие технологической поддержки дистанционного обучения и показана их связь с разработанными в рамках диссертационной работы методами.

Проанализированы основные проблемы обеспечения масштабируемости СДО и показаны возможные пути её решения на основе предлагаемых в диссертационной работе топологий.

Проанализированы существующие ПС автоматизации управления образовательными ресурсами. Сформулированы технические требования к современным СДО. Отмечена связь сформулированных требований с предложенными в настоящей работе методами и топологиями.

При анализе существующей стадии развития предметной области особое внимание уделено работам таких российских исследователей, как Тихонов Н.А., Фаизов И.К., Шокин Ю.И., Федотов А.М., Черкасов Е.В., а также таких зарубежных исследователей, как Гуруге А., Крейн Э., Паскарелло Д., Саттон М., Спирли Э.



Во второй главе предложена адаптация сервисно-ориентированной архитектуры (COA), учитывающая специфику взаимодействия приложений при организации современных и позволяющая расширить возможности СДО по организации взаимодействия её компонентов вне зависимости от географического расположения, используемых операционных систем и аппаратных платформ.

Разработана модель построения единого информационного пространства образовательных ресурсов и её детализация, учитывающая возможности современных информационных технологий и требования к СДО.

Разработаны топологии взаимодействия приложений и информационных комплексов на основе *одноранговых интегрирующих модулей (ОИМ)*, *выделенных интегрирующих серверов (ВИС)* и *смешанного взаимодействия (СВ)*. Показано, что для сложных распределённых информационных систем наиболее оптимальной является топология на основе *смешанного взаимодействия*, т.к. она позволяет решать специфические технологические задачи и в наибольшей мере соответствует требованиям повышения технической эффективности СДО.

Сравнительные выводы по трём предложенным топологиям представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ топологий на основе ОИМ, ВИС, СВ

Модель топологии	Вероятность отказа при отказе канала передачи данных	Способность восстановить функции СДО	Способность восстановить данные СДО	Оптимизация
ОИМ	обратнопропорциональна количеству ОИМ в СДО	–	–	–
ВИС	обратнопропорциональна количеству элементов СДО	частичное восстановление	частичное восстановление	минимизация нагрузки
СВ	обратнопропорциональна количеству элементов СДО	полное восстановление	полное восстановление на момент зеркалирования	минимизация нагрузки, расширение функциональности, ускорение доступа к данным

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что:

- топология на основе *одноранговых интегрирующих модулей* наиболее проста в реализации, но обеспечивает минимум возможностей. Её рекомендуется использовать на начальных этапах объединения информационных образовательных ресурсов (и отдельных приложений) в единую СДО;
- топология на основе *выделенных интегрирующих серверов* сложнее, но предоставляет базовый спектр возможностей по *автоматическому* восстановлению СДО в случае отказа части оборудования или ПО. Данную топологию рекомендуется использовать при объединении в единую СДО крупномасштабных гетерогенных систем;
- модель смешанной топологии является наиболее сложной, но её реализация позволяет сделать СДО маловосприимчивой к отказам оборудования и ПО, что позволяет широко использовать подобные СДО в коммерческих целях.

**В третьей главе предложен метод автоматической миграции и репликации приложений.** Суть метода состоит в автоматическом принятии решения о перемещении или копировании приложений между серверами-партнёрами при возникновении в СДО условий, при которых такие действия позволят повысить техническую эффективность СДО.

Для осуществления автоматической миграции и репликации приложений СДО оперирует следующими наборами данных:

- информацией о нагрузке на каждый из физических серверов системы;
- информацией о востребованности клиентами каждого из входящих в состав системы приложений, нагрузке, создаваемой на сервер этими приложениями, и потребности приложений в тех или иных наборах данных;
- информацией о топологическом распределении клиентов, использующих приложение, и пропускной способности каналов передачи данных;
- информацией о наборе серверов приложений, установленном на каждом из физических серверов, входящих в состав системы;
- информацией о наличии тех или иных наборов данных на том или ином физическом сервере.

Достаточными условиями запуска механизма автоматической миграции или репликации приложений могут являться:

- наличие большого количества клиентов, обращающихся к удалённым физическим серверам по медленным каналам связи для передачи больших объёмов данных, при условии наличия доступа по высокоскоростным каналам передачи данных к другим физическим серверам;
- высокая загруженность физического сервера, вызванная одновременным выполнением на нём большого количества приложений, и наличие в системе слабо нагруженного физического сервера, совместимого по серверу приложений с приложением, вызывающим высокую нагрузку;
- периодические изменения нагрузки на отдельные сегменты СДО, не позволяющие оптимизировать её работу на постоянной основе;
- отказ физического сервера (серверов) или приложения (приложений) на физическом сервере (серверах). Выполнение такого условия приводит к ситуации, когда копия соответствующего программного обеспечения извлекается из архива и запускается на некотором количестве физических серверов с целью восстановления функциональности СДО.

Предложенный метод позволяет решить задачу повышения общей производительности и надёжности СДО.

Улучшение такой характеристики надёжности как живучесть достигается за счёт того, что с применением предлагаемого метода СДО получает возможность автоматически восстанавливаться после сбоев и отказов.

Вероятность безотказной работы  $P_1(t)$  обычной системы, построенной без применения предлагаемого метода, выражается формулой (1):

$$P_1(t) = \frac{N(t)}{N}, \quad (1)$$

где  $N(t)$  – число работоспособных компонентов к моменту времени  $t$ ,  
 $N$  – число работоспособных компонентов в момент времени  $t = 0$ .

В случае отказа части компонентов в обычной системе, она утрачивает значительную часть своих функций, т.е., её живучесть нельзя считать высокой.

Вероятность безотказной работы  $P_2(t)$  системы, построенной с применением предлагаемого метода, выражается формулой (2):

$$P_2(t) = \frac{M(t) + K(t)}{M}, M(t) + K(t) \leq M, \quad (2)$$

где  $M(t)$  – число работоспособных компонентов к моменту времени  $t$ ,  
 $K(t)$  – число реплицированных компонентов к моменту времени  $t$ ,  
 $M$  – число работоспособных компонентов в момент времени  $t = 0$ .

Применение предложенного метода позволяет СДО перемещать свои компоненты на работоспособные серверы или запускать на работоспособных серверах резервные копии компонентов, что в результате позволяет достичь вероятности безотказной работы  $P_3(t)$ , выражаемой формулой (3):

$$P_3(t) = \frac{M(t) + K(t)}{M} \approx \frac{M}{M} \approx 1, M(t) + K(t) \approx M, M(t) + K(t) < M, \quad (3)$$

где  $M(t)$  – число работоспособных компонентов к моменту времени  $t$ ,  
 $K(t)$  – число реплицированных компонентов к моменту времени  $t$ ,  
 $M$  – число работоспособных компонентов в начальный момент времени  $t = 0$ , а выполнение условия  $M(t) + K(t) \approx M$  достигается за счёт применения предложенного метода.

О повышении производительности СДО, построенной с применением предложенного метода, свидетельствует тот факт, что суммарные затраты процессорного времени, создаваемые компонентами экспериментальной СДО, снизились в 1,4 раза.

Предложен метод автоматического анализа и организации логических связей в распределённых информационных системах, позволяющий в значительной степени автоматизировать труд администратора СДО. Суть метода состоит в создании распределённой базы данных, содержащей расширенное описание свойств документов, представленных в универсальной сжатой форме, что позволяет проводить анализ добавляемого документа без непосредственного обращения к уже имеющимся в системе документам. Предложенный метод позволяет упорядочить данные, устранить их избыточность и повысить степень формализованности информационного обучающего пространства.

Степень логической связанности документов выражена вектором  $V_{(i,n)}$  (4):

$$V_{(i,n)} = (A_{(i,n)}, N_{(i,n)}, T_{(i,n)}, K_{(i,n)}^{cp\ max}, K_{(i,n)}^{cp\ min}, K_{(i,n)}^{cw\ max}, K_{(i,n)}^{cw\ min}, K_{(i,n)}^p, K_{(i,n)}^L), n = 1..N, \quad (4)$$

где  $A_{(i,n)}$  – признак логической связанности добавляемого и  $n$ -го доку-  
мента РИС по значениям атрибута "автор",  
 $N_{(i,n)}$  – признак логической связанности добавляемого документа и  $n$ -  
го документа РИС по значению атрибута "название",  
 $T_{(i,n)}$  – признак логической связанности добавляемого и  $n$ -го доку-  
мента РИС по значению атрибута "дата",  
 $K_{(i,n)}^{cp\max}$  – признак логической связанности "определения" по конструк-  
циям добавляемого документа и  $n$ -го документа,  
 $K_{(i,n)}^{cp\min}$  – признак логической связанности "описания" по конструкци-  
ям добавляемого документа и  $n$ -го документа,  
 $K_{(i,n)}^{sw\max}$  – признак логической связанности "определения" по словам  
добавляемого документа и  $n$ -го документа,  
 $K_{(i,n)}^{sw\min}$  – признак логической связанности "описания" по словам до-  
бавляемого документа и  $n$ -го документа,  
 $K_{(i,n)}^r$  – признак логической связанности добавляемого и  $n$ -го доку-  
мента по пути,  
 $K_{(i,n)}^l$  – признак логической связанности добавляемого и  $n$ -го доку-  
мента по ссылкам,  
 $N$  – общее количество документов в СДО.

Показатель логической связанности документов  $L$  определяется по фор-  
муле (5):

$$L = \begin{cases} 0, \sum_{i=1}^8 V_i = 0, \text{ документы не связаны} \\ 1, \sum_{i=1}^8 V_i = 2, \text{ слабая связанность} \\ 2, \sum_{i=1}^8 V_i = 4, \text{ средняя связанность} \\ 3, \sum_{i=1}^8 V_i = 6, \text{ высокая связанность} \\ 4, \sum_{i=1}^8 V_i \geq 8, \text{ крайне высокая связанность} \end{cases} \quad (5)$$

где  $L$  – показатель логической связанности документов,  
 $V_i$  –  $i$ -й элемент вектора  $V_{(i,n)}$  (4).

Результаты проведённых в диссертационной работе экспериментов пока-  
зывают, что предложенный метод автоматического анализа и организации ло-  
гических связей в распределённых информационных системах даёт значитель-  
ный (в 1,4 раза по затратам времени и 2,2 раза по объёму переданных данных)  
выигрыш в сравнении с наиболее развитыми конкурирующими методами, на-  
шедшими на сегодняшний день коммерческое применение.

Предложен метод минимизации затрат времени и объёма переданных данных при построении интерфейса систем дистанционного обучения. Суть предлагаемого метода состоит в применении логической и функциональной декомпозиции интерфейса СДО с последующей модификацией механизма обработки команд пользователя. Этот метод в полной мере отвечает новейшим требованиям к интерактивности и скорости работы информационных систем, предполагает использование самых современных технологий (AJAX, XML, OWL) и является перспективным направлением дальнейших исследований.

Предложенный метод наиболее технически эффективен при построении интерфейсов модулей СДО, отвечающих за проведение виртуальных лабораторных практикумов и работу с обучающими курсами, в которых присутствует большое количество динамически изменяемых элементов.

Предложенный метод также показывает значительный прирост производительности при построении систем управления учётными записями, систем управления информационным наполнением, систем администрирования, поисковых систем и т.п. Все перечисленные виды интернет-ориентированного ПО имеют сходство: они содержат много элементов интерфейса, значения которых интенсивно изменяются независимо от значений остальных элементов.

Предложен метод минимизации временных задержек при обмене информацией в распределённых системах дистанционного обучения. Суть метода состоит в определении доверия к серверу-партнёру на основе широкого набора показателей, допускающих как экспертную оценку, так и вычисление с использованием статистических данных.

**Определение:** доверие к серверу-партнёру – величина, характеризующая вероятность получить запрошенную информацию за ожидаемое время. Критерии доверия к  $i$ -му серверу-партнёру таковы.

Первый критерий  $A'_i$  (8) представляет собой отношение максимального значения дисперсии времени  $D_i^{(i, \max)}$  (6) к среднему значению дисперсии времени при работе с  $i$ -м сервером-партнёром  $D_i^{(i, \text{avg})}$  (7).

$$D_i^{(i, \max)} = \text{MAX}(D(T'_k), D(T'_s), D(T'_t), D(T'_{\text{задержка}})), \quad (6)$$

где  $\text{MAX}$  – операция определения максимального значения,

$D(T'_k)$  – дисперсия времени, затраченного клиентом на получение данных от  $i$ -го сервера,

$D(T'_s)$  – дисперсия времени, затраченного  $i$ -м сервером на обработку запроса,

$D(T'_t)$  – дисперсия времени передачи данных при работе с  $i$ -м сервером,

$D(T'_{\text{задержка}})$  – дисперсия времени неподвиженных транспортных задержек при работе с  $i$ -м сервером

$$D_i^{(i,avg)} = AVG(D(T_k^i), D(T_s^i), D(T_i^i), D(T_{\text{задержка}}^i)), \quad (7)$$

где  $AVG$  – операция определения среднего значения,  
операнды – см. формулу (6).

$$A_i^t = \begin{cases} \frac{D_i^{(i,max)}}{D_i^{(i,avg)}} & , D_i^{(i,max)} > D_i^{(i,avg)} \\ 1 & , D_i^{(i,max)} \leq D_i^{(i,avg)} \end{cases}, \quad (8)$$

где  $D_i^{(i,max)}$  – максимальное значение дисперсии времени при работе с  $i$ -м сервером-партнёром (6),

$D_i^{(i,avg)}$  – среднее значение дисперсии времени при работе с  $i$ -м сервером-партнёром (7).

Второй критерий (9) представляет собой отношение расчётного количества ошибок установления соединения и передачи данных при работе с  $i$ -м сервером-партнёром  $E_c^{id}$  к реальному значению количества таких ошибок  $E_c^{reo}$ .  $E_c^{id}$  может определяться экспертно или на основе статистических данных.

$$A_2^t = \begin{cases} \frac{E_c^{id}}{E_c^{reo}} & , E_c^{id} > E_c^{reo} \\ 1 & , E_c^{id} \leq E_c^{reo} \end{cases}, \quad (9)$$

где  $E_c^{id}$  – расчётное количество ошибок установления соединения и передачи данных при работе с  $i$ -м сервером-партнёром,

$E_c^{reo}$  – реальное количество ошибок установления соединения и передачи данных при работе с  $i$ -м сервером-партнёром.

Третий критерий (12) представляет собой отношение максимального времени непредвиденных задержек в канале связи при работе с  $i$ -м сервером-партнёром  $T^{(i,max)}$  (10) к среднему времени непредвиденных задержек в канале связи при работе с  $i$ -м сервером-партнёром  $T^{(i,avg)}$  (11).

$$T^{(i,max)} = MAX(T_{\text{задержка}}^i), \quad (10)$$

где  $MAX$  – операция определения максимального значения,

$T_{\text{задержка}}^i$  – время непредвиденных задержек в канале связи при работе с  $i$ -м сервером-партнёром.

$$T^{(i,avg)} = AVG(T_{\text{задержка}}^i), \quad (11)$$

где  $AVG$  – операция определения среднего значения,

$T_{\text{задержка}}^i$  – время непредвиденных задержек в канале связи при работе с  $i$ -м сервером-партнёром.

$$A_3^i = \begin{cases} \frac{T^{(i, \max)}}{T^{(i, \text{avg})}} & , T^{(i, \max)} > T^{(i, \text{avg})} \\ 1 & , T^{(i, \max)} \leq T^{(i, \text{avg})} \end{cases}, \quad (12)$$

где  $T^{(i, \max)}$  – максимальное значение времени непредвиденных задержек в канале связи при работе с  $i$ -м сервером-партнёром,  
 $T^{(i, \text{avg})}$  – среднее значение времени непредвиденных задержек в канале связи при работе с  $i$ -м сервером-партнёром

Четвёртый критерий (13) представляет собой отношение расчётного количества отказов в доступе при обращении к  $i$ -му серверу-партнёру  $E_d^{id}$  к реальному значению количества таких отказов  $E_d^{rea}$ .  $E_d^{id}$  может определяться экспертно или на основе статистических данных, собранных в процессе исследования конкретной СДО.

$$A_4^i = \begin{cases} \frac{E_d^{id}}{E_d^{rea}} & , E_d^{id} > E_d^{rea} \\ 1 & , E_d^{id} \leq E_d^{rea} \end{cases}, \quad (13)$$

где  $E_d^{id}$  – расчётное количество отказов в доступе при обращении к  $i$ -му серверу-партнёру,  
 $E_d^{rea}$  – реальное количество отказов в доступе при обращении к  $i$ -му серверу-партнёру.

Пятый критерий (14) представляет собой отношение расчётного количества случаев отсутствия отклика вызываемого  $i$ -го сервера-партнёра  $E_r^{id}$  к реальному количеству таких случаев  $E_r^{rea}$ .  $E_r^{id}$  может определяться экспертно или на основе статистических данных.

$$A_5^i = \begin{cases} \frac{E_r^{id}}{E_r^{rea}} & , E_r^{id} > E_r^{rea} \\ 1 & , E_r^{id} \leq E_r^{rea} \end{cases}, \quad (14)$$

где  $E_r^{id}$  – расчётное количество случаев отсутствия отклика вызываемого  $i$ -го сервера-партнёра,  
 $E_r^{rea}$  – реальное количество случаев отсутствия отклика вызываемого  $i$ -го сервера-партнёра.

Таким образом, определение доверия к  $i$ -му серверу  $DOV^i$  можно рассматривать как частный случай задачи оптимизации, решаемой с помощью стратегии взвешенных сумм (15):

$$DOV^i = \frac{1}{\sum_{n=1}^5 k_n A_n^i}, \sum_{n=1}^5 k_n = 1, \quad (15)$$

где  $A'_n$  – числовое значение  $n$ -го критерия доверия к  $i$ -му серверу-партнёру,

$k_n$  – весовой коэффициент, характеризующий важность критерия.

Применение предложенного метода увеличения скорости обмена информацией в РИС на практике приводит к существенному увеличению производительности СДО, что позволяет расширить спектр выполняемых с их помощью задач без необходимости модернизации аппаратного обеспечения коммуникационных систем, а также внедрять СДО в учреждениях образования, обладающих крайне медленными и ненадёжными каналами связи.

В четвёртой главе представлены результаты практических исследований разработанных методов повышения технической эффективности СДО. В процессе исследования экспериментальные ПС были протестированы в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации.

Представлена практическая реализация *метода автоматической миграции и репликации приложений*. Проведённые эксперименты показали, что применение предложенного метода при построении экспериментальной СДО позволило снизить нагрузку, создаваемую пользователями и компонентами системы, в 2,7 раза, а также снизить суммарные затраты процессорного времени, создаваемые компонентами системы, в 1,4 раза.

Продемонстрировано практическое использование *метода автоматического анализа и организации логических связей в распределённых информационных системах*. Результаты эксперимента показывают, что предложенный метод даёт значительный (в 1,4 раза по затратам времени и 2,2 раза по объёму переданных данных) выигрыш в сравнении с наиболее развитыми конкурирующими методами, нашедшими на сегодняшний день коммерческое применение.

Приведён пример использования *метода минимизации затрат времени и объёма переданных данных при построении интерфейса систем дистанционного обучения*. На экспериментальном ПС среднее время отклика системы на команду пользователя сократилось в 6,2 раза, среднее время генерации ответа на команду пользователя сократилось в 8,2 раза, средний объём переданных данных в ответ на команду пользователя сократился в 15,4 раза.

Представлена практическая реализация *метода минимизации временных задержек при обмене информацией в распределённых системах дистанционного обучения*. Объём переданных экспериментальным ПС данных уменьшился в 2,8 раза, среднее время получения клиентом запрошенных данных уменьшилось в 3,2 раза.

Экспериментальная проверка результатов сравнительного анализа топологий с использованием *одноранговых интегрирующих модулей, выделенных интегрирующих серверов и смешанного взаимодействия* подтвердила исходные теоретические выводы о том, что смешанная топология, несмотря на сложность реализации, показывает наилучшие результаты по таким показателям, как скорость и полнота восстановления системы после отказа части компонентов. В частности, оптимизация маршрутизации и минимизация нагрузки позволяет при использовании данной топологии уменьшить среднее время отклика на за-



прос пользователя примерно в 2 раза, а гибкое автоматизированное управление ресурсами СДО позволяет ей в некоторых случаях восстанавливать свою функциональность и данные в полном объеме даже при физическом отказе половины серверов.

Экспериментальные ПС были протестированы с использованием методов функционального тестирования. Процент покрытия путей потока управления для экспериментальных ПС, разработанных с целью проверки предложенных в диссертационной работе методов, составляет 81,6%. Процент успешно пройденных тестов, равный 92,1% говорит о высоком качестве разработанных ПС и методов, на основе которых они реализованы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные и практические результаты исследования

Диссертационная работа предлагает набор решений актуальной на сегодняшний день проблемы, которая формулируется следующим образом: разработка современных методов и программных средств автоматизации управления программными, сетевыми и информационными ресурсами информационно-образовательных систем и систем дистанционного обучения.

Такие методы и ПС позволяют реализовать на практике процессы объединения гетерогенных разрозненных СДО в единые информационные комплексы с целью повышения их технической эффективности. Спецификой СДО является их ориентированность на выполнение сложных вычислительных задач на больших объемах данных в условиях ограниченности доступных ресурсов.

В процессе выполнения диссертационной работы были решены следующие задачи:

1. Разработаны методы технической организации единого информационно-образовательного пространства на основе предложенной модели объединения разрозненных информационных ресурсов в единую информационную систему.
2. Разработаны три новые топологии взаимодействия приложений и информационных комплексов, входящих в состав СДО [1-А, 2-А, 17-А, 19-А, 21-А] с использованием *выделенных интегрирующих серверов, одноранговых интегрирующих модулей и смешанного взаимодействия*. Разработанные топологии делают возможной практическую реализацию предложенных в диссертационной работе методов.
3. Разработан *метод автоматической миграции и репликации приложений* [3-А, 24-А, 27-А], позволяющий минимизировать нагрузку на СДО и обеспечить автоматическое восстановление работоспособности СДО после сбоев и отказов. Экспериментально установлено, что использование предложенного метода позволяет снизить нагрузку на каналы передачи данных в 2,7 раза, снизить затраты процессорного времени в 1,4 раза, увеличивать вероятность безотказной работы СДО пропорционально количеству компонентов СДО.

4. Разработан метод автоматического анализа и организации логических связей в распределённых информационных системах [4-А, 21-А, 26-А], позволивший достичь на экспериментальном ПС выигрыша в 1,4 раза по затратам времени и в 2,2 раза по объёму переданных данных в сравнении с наиболее развитыми конкурирующими методами, нашедшими на сегодняшний день коммерческое применение.
5. Разработан метод минимизации затрат времени и объёма переданных данных при построении интерфейса СДО [5-А, 23-А], позволивший сократить (согласно экспериментальным данным) среднее время отклика системы на команду пользователя в 6,2 раза, среднее время генерации ответа на команду пользователя в 8,2 раза, средний объём переданных данных в ответ на команду пользователя в 15,4 раза.
6. Разработан метод минимизации временных задержек при обмене информацией в распределённых СДО [6-А]. Исследование показало, что применение предложенного метода позволило сократить среднее время получения информации в 1,6-2,8 раза.
7. На основе предложенных топологий и методов разработаны компоненты программных средств с целью практического исследования результатов диссертационной работы.

Предложенные в диссертационной работе методы допускают дальнейшее развитие и улучшение с целью повышения их практической пользы.

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Результаты диссертационной работы позволяют в значительной мере повысить скорость обмена информацией в СДО, снизить объём передаваемых по каналам связи данных, а также повысить отказоустойчивость СДО.

Исследования, проведённые в диссертационной работе, опираются на передовой мировой опыт в области разработки сетевых приложений, функционирующих в среде Интернет и отвечающих концепции Web 2.0, что свидетельствует о высокой совместимости предложенных методов с решениями и стандартами, принятыми мировым сообществом при решении задач развития информационных и образовательных ресурсов. Этот факт позволяет рекомендовать полученные в диссертационной работе результаты при разработке современных СДО, отвечающих новейшим требованиям к такого рода системам. Результаты диссертационной работы также применимы при организации коммерческих информационных систем, эксплуатируемых в условиях, приближенных к условиям эксплуатации СДО.

Разработанные в диссертационной работе методы и ПС могут быть использованы при построении новых и реорганизации существующих СДО или коммерческих информационных систем, эксплуатируемых в условиях, приближенных к условиям эксплуатации СДО.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс БГУИР, Центра Обучающих Технологий "Белхард" и в производственный процесс иностранного предприятия "EPAM-Systems".

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в научных журналах:

- 1-А. Куликов, С.С. Современные технологии повышения интерактивности интернет-ориентированных обучающих программных средств / С.С. Куликов, В.В. Бахтизин // Известия белорусской инженерной академии. – 2005. – № 2(20). – С. 352-354.
- 2-А. Куликов, С.С. Современные технологии повышения интерактивности интернет-ориентированных обучающих программных средств / С.С. Куликов // Инженерный вестник. – 2006. – № 1(21). – С. 193-196.
- 3-А. Куликов, С.С. Современные технологии повышения эффективности информационного обмена в сложных распределённых информационных системах / С.С. Куликов // Доклады БГУИР. – 2005. – №3(15). – С. 162-166.
- 4-А. Куликов, С.С. Метод минимизации затрат при интеграции информационных ресурсов систем дистанционного обучения / С.С. Куликов // Информатизация образования. – 2006. – №3. – С. 27-38.
- 5-А. Бахтизин, В.В. Метод минимизации затрат времени и объема переданных данных при построении интерфейса систем дистанционного обучения / В.В. Бахтизин, С.С. Куликов // Информатизация образования. – 2007. – № 1. – С. 66-76.
- 6-А. Куликов, С.С. Метод увеличения скорости обмена информацией в распределённых информационных системах / С.С. Куликов // Доклады БГУИР. – 2007. – №4 (20). – С. 156-160.

### Статьи в сборниках материалов научных конференций:

- 7-А. Бахтизин, В.В. Автоматизированный лабораторный практикум в локальных сетях и сети Интернет / В.В. Бахтизин, С.С. Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы Междунар. науч.-метод. конф. БГУИР, Минск, 18-20 дек. 2001. – Минск, 2001. – С. 106-109.
- 8-А. Бахтизин, В.В. Автоматизированный лабораторный практикум / В.В. Бахтизин, Л.А. Глухова, С.С. Куликов // Информатизация образовательных процессов: автоматизация управления, технологии, дистанционное обучение: материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГВРК, Минск, 19-20 апр. 2001. – Минск, 2001. – С. 195-200.
- 9-А. Бахтизин, В.В. Автоматизированная визуальная система построения тестов / В.В. Бахтизин, С.С. Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы Междунар. науч.-метод. конф. БГУИР, Минск, 26-28 нояб. 2002. – Минск, 2002. – С. 72-74.
- 10-А. Бахтизин, В.В. Автоматизация создания обучающих курсов / В.В. Бахтизин, С.С. Куликов // Использование информационных ресурсов и сетевых технологий обучения: материалы республ. научн.-практ. конф. БНТУ,

Минск, 18-20 июн. 2002. – Минск, 2002. – С. 56-58.

- 11-А. Бахтизин, В.В. Универсальный дизайнер ресурсов / В.В. Бахтизин, С.С. Куликов // Интеграционные процессы в профессиональном образовании: материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГВРК, Минск, 16-17 мая 2002. – Минск, 2002. – С. 43-46.
- 12-А. Бахтизин, В.В. Интегрированная система обучения и тестирования знаний в Интернет и Интранет / В.В. Бахтизин, С.С. Куликов // Образовательные технологии в подготовке специалистов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГВРК, Минск, 20-21 мар. 2003 г. – Минск, 2003. – С. 63-67.
- 13-А. Бахтизин, В.В. Принципы построения систем тестирования: трёхуровневый подход / В.В. Бахтизин, С.С. Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф. БГУИР, Минск, 13-15 нояб. 2003. – Минск, 2003. – С. 217-220.
- 14-А. Куликов, С.С. Использование трёхуровневого подхода в тестировании знаний как средство повышения качества образования / С.С.Куликов // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития: материалы Междунар. науч.-метод. конф. БГУИР, Минск, 17-18 мар. 2004. – Минск, 2004. – С. 101-102.
- 15-А. Куликов, С.С. Метод формирования обучающе-тестирующих систем с оптимальным сочетанием видов представления информации / С.С. Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф. БГУИР, Минск, 10-12 нояб. 2004. – Минск, 2004. – С. 95-97.
- 16-А. Куликов, С.С. Проблема выбора инструментальных средств для построения систем дистанционного обучения / С.С.Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф. БГУИР, Минск, 10-12 нояб. 2004. – Минск, 2004. – С. 221-225.
- 17-А. Куликов, С.С. Выбор инструментальных средств для построения систем дистанционного обучения / С.С.Куликов // Инженерно-педагогическое образование: проблемы и пути развития: материалы Междунар. науч.-метод. конф. МГВРК, Минск, 7-8 окт. 2004. – Минск, 2004. – С. 190-195.
- 18-А. Куликов, С.С. Методология выбора технологии интеграции данных в системах дистанционного обучения / С.С. Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф. БГУИР, Минск, 10-11 нояб. 2005. – Минск, 2005. – С. 347-350.
- 19-А. Куликов, С.С. Необходимые функциональные возможности современных систем дистанционного обучения / С.С. Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф. БГУИР, Минск, 10-11 нояб. 2005. – Минск, 2005. – С. 350-353.
- 20-А. Куликов, С.С. Универсальные форматы представления данных в системах

- дистанционного обучения / С.С. Куликов // Актуальные проблемы радиоэлектроники: научные исследования, подготовка кадров: материалы Междунар. науч.-метод. конф. МГВРК, Минск, 2-3 июн. 2005 г. – Минск, 2005. – С. 102-104.
- 21-А. Куликов, С.С. Технологии интеграции информации в системах дистанционного обучения на основе витрин данных и хранилищ данных / С.С. Куликов // Современная радиоэлектроника: научные исследования, подготовка кадров: материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГВРК, Минск, 20-21 апр. 2006. – Минск, 2006. – Ч. 1. – С. 245-249.
- 22-А. Куликов, С.С. Минимизация затрат при интеграции образовательных информационных ресурсов / С.С. Куликов // Современная радиоэлектроника: научные исследования, подготовка кадров: материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГВРК, Минск, 20-21 апр. 2006. – Минск, 2006. – Ч. 1. – С. 249-252.
- 23-А. Бахтизин, В.В. Анализ проблем интеграции данных и приложений в области дистанционного обучения в Республике Беларусь и странах ближнего зарубежья / В.В. Бахтизин, С.С. Куликов / Современная радиоэлектроника: научные исследования и подготовка кадров: материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГВРК, Минск, 10-11 апр. 2007. – Минск, 2007. – Ч. 4. – С. 3-6.
- 24-А. Куликов, С.С. Автоматическая миграция приложений как средство повышения производительности систем дистанционного обучения / С.С. Куликов // Современная радиоэлектроника: научные исследования и подготовка кадров: материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГВРК, Минск, 10-11 апр. 2007. – Минск, 2007. – Ч. 4. – С. 62-66.
- 25-А. Куликов, С.С. Анализ проблемы обеспечения масштабируемости систем дистанционного обучения / С.С. Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы Междунар. науч.-метод. конф. БГУИР, Минск, 22-23 нояб. 2007. – Минск, 2007. – С. 323-326.
- 26-А. Куликов, С.С. Использование семантической паутины при интеграции данных и приложений в области дистанционного обучения / С.С. Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы Междунар. науч.-метод. конф. БГУИР, Минск, 22-23 нояб. 2007. – Минск, 2007. – С. 323-326.
- 27-А. Куликов, С.С. Необходимость интеграции приложений и данных для формирования единой среды дистанционного обучения / С.С. Куликов // Современная радиоэлектроника: научные исследования, подготовка кадров: материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГВРК, Минск, 23-24 апреля 2006. – Минск, 2008. – Ч. 3. – С. 105-107.
- 28-А. Куликов, С.С. Технические требования, предъявляемые к современным системам дистанционного обучения / С.С. Куликов // Современная радиоэлектроника: научные исследования, подготовка кадров: материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГВРК, Минск, 23-24 апр. 2008. – Минск, 2001. – Ч. 3. – С. 107-109.



Кулікоў Святаслаў Святаслававіч

## АЎТАМАТЫЗАЦЫЯ КІРАВАННЯ РЭСУРСАМІ Ў СІСТЭМАХ ДЫСТАНЦЫЙНАГА НАВУЧАННЯ

**Ключавыя словы:** аўтаматызацыя, кіраванне рэсурсамі, дыстанцыйнае навучанне, інтэрнэт-тэхналогіі, мінімізацыя затрат, размеркаваныя інфармацыйныя сістэмы, міграцыя, рэплікацыя.

Аб'ектам даследвання з'яўляецца ўзаемадзеянне праграмных, сеткавых і інфармацыйных рэсурсаў сістэм дыстанцыйнага навучання і шляхі аўтаматызацыі і павышэння тэхнічнай эфектыўнасці такога ўзаемадзеяння. Прадметам даследвання з'яўляюцца тэхналагічныя і інфармацыйныя працэсы, якія вызначаюць формы і метады будовы аўтаматызаваных сістэм дыстанцыйнага навучання.

Мэтай працы з'яўляецца даследванне і распрацоўка метадаў і праграмных сродкаў аўтаматызацыі кіравання рэсурсамі ў сістэмах дыстанцыйнага навучання (СДН). Асноўная ўвага накіравана на метады аўтаматычнага кіравання рэсурсамі СДН, якія дазваляюць павысіць яе хуткадзейнасць і адказаўстойлівасць. Пранапаваны метады, якія дазваляюць СДН адпавядаць павышаным патрабаванням да інтэрактыўнасці вэб-арыентаваных дадаткаў, хуткасці водгуку на каманды карыстальнікаў, гнуткасці і маштабнасці на падставе выкарыстання адкрытых стандартаў.

У дысертацыйнай працы прапануецца комплексны набор мер і рашэнняў, накіраваных на ўдасканалванне існуючых і распрацоўку новых СДН з улікам мінімізацыі затрат і максімальна поўнага выканання патрабаванняў аўтаматызаванасці кіравання рэсурсамі СДН, якія ставіць перад праграмнымі сродкамі такога класа сучасны этап развіцця інфармацыйных тэхналогій.

Вынікі дысертацыйнай працы выкарыстоўваюцца ў вучэбным працэсе БДУІР, цэнтра навучальных тэхналогій "Белхард", вытворчым працэсе замежнага прадпрыемства "EPAM-Systems".

Атрыманыя вынікі даследвання могуць быць выкарыстаны любой установай адукацыі пры пабудаванні сістэмы дыстанцыйнага навучання.

Куликов Святослав Святославович

### АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Ключевые слова:** автоматизация, управление ресурсами, дистанционное обучение, интернет-технологии, минимизация затрат, распределённые информационные системы, миграция, репликация.

Объектом исследования является взаимодействие программных, сетевых и информационных ресурсов систем дистанционного обучения и пути автоматизации и повышения технической эффективности такого взаимодействия. Предметом исследования являются технологические и информационные процессы, определяющие формы и методы построения автоматизированных систем дистанционного обучения.

Целью диссертационной работы является разработка методов и программных средств автоматизации управления ресурсами в системах дистанционного обучения (СДО). Основное внимание уделено методам автоматического управления ресурсами СДО, позволяющим повысить её быстродействие и отказоустойчивость. Предложены методы, позволяющие СДО удовлетворять повышенным требованиям к интерактивности веб-ориентированных приложений, скорости отклика на команды пользователей, гибкости и масштабируемости на основе использования открытых стандартов.

В диссертационной работе предлагается комплексный набор мер и решений, направленных на преобразование существующих и разработку новых СДО с учётом минимизации затрат и максимально полного выполнения требований автоматизированности управления ресурсами в СДО, которые ставит перед программными средствами такого класса современный этап развития информационных технологий.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс БГУИР, центра обучающих технологий "Белхард", производственный процесс иностранного предприятия "EPAM-Systems".

Полученные результаты исследования могут быть использованы любым учреждением образования при построении системы дистанционного обучения.

## SUMMARY

Kulikov Svyatoslav Svyatoslavovich

### RESOURCE MANAGEMENT AUTOMATION FOR DISTANT EDUCATION SYSTEMS

**Keywords:** automation, resource management, distant education, internet-technologies, costs minimisation, distributed information systems, migration, replication.

The research object is the interaction of software, network and information resources of distant education systems and ways to automation and technical effectiveness improvement of such interaction. The research objects are technological and information processes that define forms and methods of automated distant education systems establishment.

The aim of this work is the research and development of methods and software for automated resource management in distant education systems (DES). Main attention is given to methods of automated resource management of DES that make it more productive and reliable. Some methods that allow DES to fulfill heightened requirements for interactivity, speed of user commands response, flexibility and scalability of web-oriented systems on a base of open standards are proposed.

This dissertation offers an integrated set of actions and decisions aimed to re-organisation the existing and development new DES while taking into account costs minimisation and maximum fulfillment of requirements that are stated by the modern stage of information technologies evolution.

Results of this dissertation work are implemented into the education process of BSUIR, center of education technologies "Belhard", development process of foreign company "EPAM-Systems".

Achievements of this dissertation can be used by any education organisation for development of distant education system.



*Научное издание*

**КУЛИКОВ Святослав Святославович**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ  
В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Специальность 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

---

Подписано в печать	01.09.2008.	Формат 60x84 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> .	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.		Усл. печ. л. 1,63.
Уч.-изд. л. 1,4.	Тираж 60 экз.		Заказ 516.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровка, 6.