

Министерство образования и науки РФ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКАЯ  
АКАДЕМИЯ имени С. М. Кирова»

---

*Кафедра информационных систем и технологий*

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Сборник научных трудов

Выпуск 4

Санкт-Петербург  
2012

Рассмотрен и рекомендован к изданию  
Ученым советом лесохозяйственного факультета  
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета  
24 апреля 2012 г.

Редакционная коллегия:

**А. М. Заяц**, кандидат технических наук, профессор (отв. редактор),  
**М. А. Шубина**, кандидат технических наук, доцент (отв. секретарь),  
**И. В. Панфилов**, доктор технических наук, профессор

Составитель

**М. А. Шубина**, кандидат технических наук, доцент

Рецензент

доктор технических наук, профессор **В. И. Николаев**  
(Санкт-Петербургский филиал ОАО  
«Российские телекоммуникационные сети»)

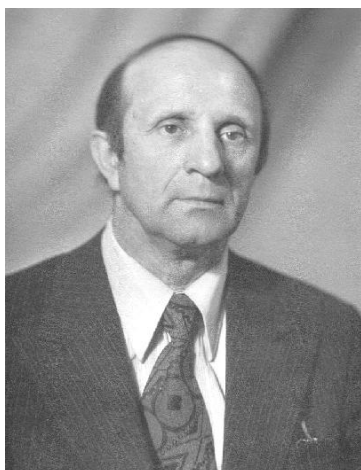
УДК 630

**Информационные системы и технологии: теория и практика:**  
сб. науч. тр. вып. 4 / отв. ред. А. М. Заяц. – СПб.: СПбГЛТУ, 2012. –  
128 с.

ISBN 978-5-9239-0474-1

Сборник подготовлен по материалам кафедры вуза, представленным на научно-технической конференции лесотехнического факультета СПбГЛТУ в январе 2012 года, и практических работ, выполненных ее сотрудниками

**90-летию со дня рождения  
доктора технических наук, профессора,  
заслуженного деятеля науки и техники  
Анатолия Михайловича Половко  
ПОСВЯЩАЕТСЯ**



**Анатолий Михайлович Половко** родился 14 ноября 1921 г. в с. Ичня Черниговской области.

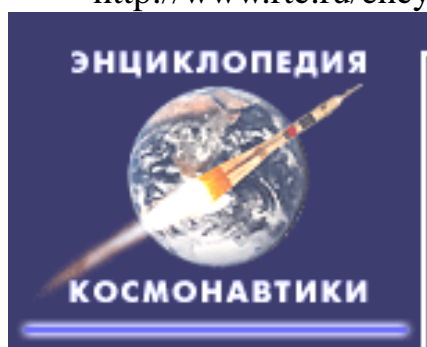
Известный ученый, специалист в области надежности ракетно-космической техники.

В 1949 г. Окончил Ленинградскую военно-воздушную инженерную академию. Доктор технических наук (1964). Профессор (1966). Академик Международной академии транспорта (1996).

Преподаватель, старший преподаватель кафедры систем управления (1954–1966), начальник кафедры электронной вычислительной техники (1966–1973) Военной инженерной академии им. А. Ф. Можайского, заведующий кафедрой информатики и вычислительной техники Ленинградской лесотехнической академии (1973–1991), с 1991 г. – профессор этой же кафедры.

Ведущий специалист страны по проблемам надежности больших систем. Руководитель научной школы надежности систем управления и вычислительной техники. Под его руководством подготовлено 4 доктора и более 40 кандидатов технических наук. Основное направление его работы связано с разработкой методов и инженерных методик анализа надежности сложных объектов и систем ракетно-космической техники.

<http://www.rtc.ru/encyk/biogr-book/15P/2304.shtml>



Автор более 150 научных трудов. Фундаментальная работа «Основы теории надежности», опубликованная в 1964 году, послужила толчком для развития теории надежности в Советском Союзе. Сейчас она представляет собой букинистическое издание.

Заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1971), почетный профессор Военной инженерно-космической академии им. А. Ф. Можайского (1996). Являлся Членом редколлегии издательства «Советское радио» (1968–1971).

Руководитель общегородского семинара по проблемам надежности техники (1960–1991, 1997–1998).

## **КРАТКИЕ ИТОГИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ КАФЕДРЫ «ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»**

Коллектив кафедры Информационных систем и технологий в 2011 г. продолжил проведение исследований в рамках основного направления «Информационные системы и технологии: теория и практика», часть из которых ориентирована на разработку научно-методических трудов, направленных на применение современных информационно-образовательных технологий в учебном процессе таких как:

1. Использование компьютерных технологий и математических пакетов в решении оптимизационных задач лесопромышленного комплекса и управления лесным хозяйством;

2. Применение мультимедийных, Internet\Intranet и WEB-технологий в теоретической и практической подготовке студентов;

3. Разработка научных подходов в методике преподавания учебных дисциплин в рамках направления подготовки «Информационные системы и технологии».

По итогам НИР за 2011 год коллектив кафедры занял **6** место из **49** по результатам автоматизированной рейтинговой оценки кафедр ЛТУ.

В рамках плана мероприятий на кафедре была организована и проведена очередная научно – практическая конференция «*Информационные системы и технологии: теория и практика*», материалы докладов которой представлены в данном сборнике.

А. М. Заяц, кандидат технических наук, профессор

## ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Специалисты лесного хозяйства отмечают, что разумное, устойчивое и рациональное лесопользование на основе бережного сохранения и непрерывного восстановления лесов становится все более сложной и актуальной задачей.

Для повышения качества и оперативности принимаемых решений в реализации этих процессов, наряду с чисто профессиональными лесохозяйственными процедурами, необходимо обеспечить возможность интеграции и стандартного использования большого количества табличной (атрибутивной) и картографической информации о лесе. Такая возможность может быть реализована путем перехода на единую распределенную информационную систему в лесном хозяйстве.

При этом «единая ИС» предполагает не столько единство процесса проектирования и разработки системы на всех уровнях (от лесничеств до Рослесхоза), сколько обеспечение унификации информационных технологий, используемые в лесной отрасли. Это позволит оптимизировать рабочее время всех участников процесса, упростить доступ к информации, как предприятиям отрасли, так и органам управления, лесопользователям, заинтересованным в получении оперативных услуг по лесоустройству.

Если этого не делать, то проблемы сегодняшнего дня и вероятно будущего не будут решены. К этим проблемам можно отнести:

- закрытость информационных ресурсов в структурированном электронном виде (базы данных) даже для непосредственных потребителей – лесничеств;
- отсутствие нормального рынка информационных услуг как двигателя развития информационных технологий и программных продуктов;
- большое количество ошибок, противоречий в действующих нормативно-правовых актах, несогласованность форм документов разных уровней, затрудняющих формализацию задач и последующую разработку качественного программного обеспечения;
- отсутствие координации в области ведения отраслевых нормативов и классификаторов.

В настоящее время в области информатизации отрасли можно выделить два направления:

1. *Создание, апробирование и внедрение* Единой автоматизированной информационной системы (ЕАИС) – «**информатизация сверху**».
2. *Существующие ИС* (дата-центры, центры обработки данных) эволюционируют на основе постепенного, естественного отбора наиболее

продвинутой платформы с последующим ее развитием на основе постепенного аккумулирования интересов пользователей, накопивших реальный опыт работы - «информатизация снизу».

**Реализация первого направления** предполагает централизованное проектирование и внедрение единой автоматизированной информационной системы (ЕАИС). Концептуально архитектура такой системы должна быть построена на единых принципах на трех уровнях - федеральном, региональном и местном (лесничества) см. рис.1.



Рис.1

Предполагается, ЕАИС будет состоять из четырех взаимосвязанных подсистем: государственного лесного реестра, автоматизированная подсистемы «Защита леса», подсистемы государственной инвентаризации лесов и подсистемы контроля за заготовкой и оборотом круглых лесоматериалов.

Такой подход в реализации ЕАИС был анонсирован и обсуждался 13-14 октября 2011 года в ПетрГУ на научно-практической конференции прошедшей под эгидой Рослесхоза «Информатизация лесного хозяйства: актуальные задачи», которая фактически дала официальный старт информатизации лесной отрасли.

На федеральном уровне собирается в единое целое вся информация по стране, анализируется и превращается в аналитику для принятия конкретных решений) см. рис. 2.

## Совместная работа участников лесных отношений в Единой автоматизированной информационной системе



5

Рис. 2

На уровне субъекта Российской Федерации собирается информация по региону. При этом регион получает доступ к общероссийской информации, необходимой для решения конкретных задач. Третий уровень – это мобильные АРМ (автоматизированное рабочее место) лесничего, откуда поступают первичные данные см. рис. 3.

## Предполагаемая архитектура распределенной системы АИС ГЛР

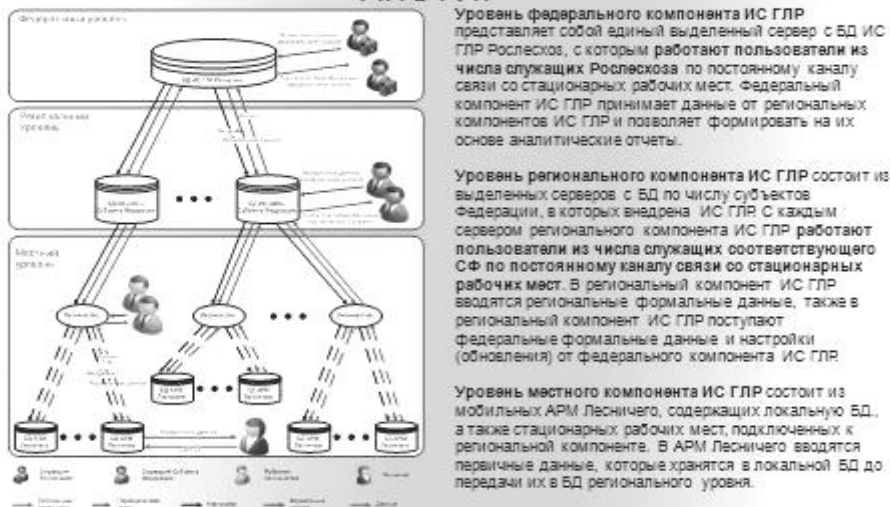


Рис. 3

Единая автоматизированная информационная система, должна обеспечить получение полной и достоверной информации и процессов происходящих в лесной отрасли. Предполагается создание базы увязанных между собой данных о состоянии лесов, их использовании, воспроизводстве, охране и защите. В единой базе должна храниться информация о землях, на которых расположены леса, об арендаторах, о том, где была заготовлена древесина, путях ее транспортировки, о возникающих очагах возгорания и распространении огня см. рис.4.

## Отношение ЕАИС, АИС ГЛР и АРМ «Лесничего»

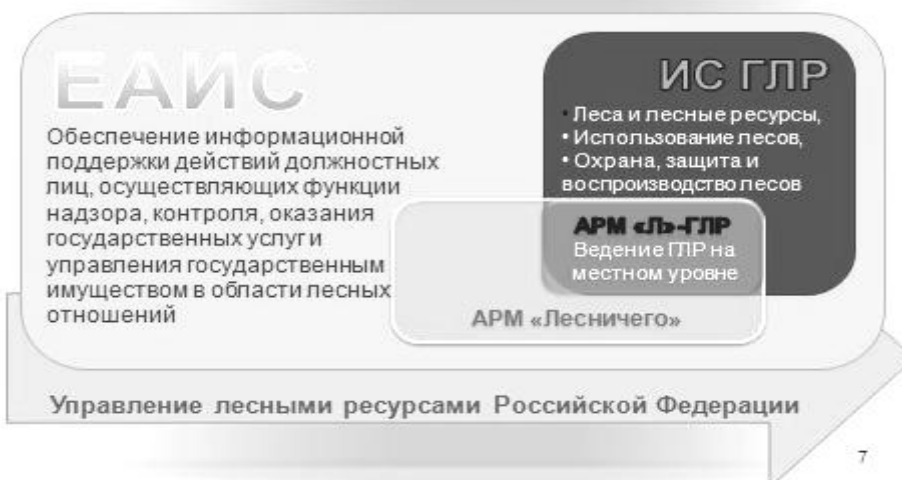


Рис. 4



В поддержку этого направления 15-16 ноября 2011 года прошло рабочее совещание дочерней организации Рослесхоза «Использование и развитие информационных технологий в деятельности ФГУП «Рослесинфорг». Как отмечалось здесь – «основная задача – максимальная информатизация процессов, начиная от автоматизации рабочих мест в лесничествах и заканчивая унификацией отраслевой информации, поступающей в Государственный лесной реестр».

Концепция ЕАИС еще не обрела окончательной формы, но ее разработку планировалось завершить в 2011 году. Это подтверждается следующим - Лесной форум Гринпис России сообщает о том, что Рослесхоз выделил 60 миллионов рублей на разработку технического проекта создания информационной системы "Государственный лесной реестр" и макета этой системы, демонстрирующего основные проектные решения. В соответствии с конкурсной документацией, сроки выполнения работы составляют "не менее 13 и не более 18 календарных дней с даты заключения государственного контракта". Контракт заключен 5 декабря, работа должна быть выполнена до конца декабря 2011 года (т.е. за три недели).

Из конкурсной документации становится ясно, что АРМ лесничего, как на региональном, так и на федеральном уровнях, должно обеспечивать выполнение исключительно тех функций, которые связаны с формированием государственного лесного реестра и отчетностью лесничих перед вышестоящими инстанциями. Фактически это означает, пишет Лесной форум Гринпис России, что лесничий должен окончательно превратиться, по крайней мере в той части, в которой его работа связана с использованием информационных технологий и АРМ, из организатора лесного хозяйства в производителя документации для государственного лесного реестра. Иным словом, единственной целью введения АРМ лесничего является окончательное превращение лесничего из производственника в бюрократа.

В 2012 году такая система должна быть обкатана в 2-3 регионах, а с 2013 года начнется ее внедрение по всей России.

Чем закончится эта работа, покажет 2012 год.

**Вторым направлением** по информатизации ЛХ является предложения специалистов IT работающих в лесной области, в которых утверждается, что ИС может «родиться» на основе постепенного естественного отбора наиболее продвинутого продукта из всех существующих и последующего его эволюционного развития на основе постепенного сужения интересов пользователей, накопивших реальный опыт работы.

Подтверждением этому служит следующее.

В настоящее время во многих субъектах РФ разработаны и успешно функционируют ИС обеспечивающие решение актуальных задач управления и ведения лесного хозяйства.

Тому подтверждение доклады на конференции в Петрозаводске:

- Грачёва Виктора Васильевича начальника Департамента лесного комплекса Вологодской области «Опыт Вологодской области в области информатизации лесного хозяйства», в котором был представлен материал по реально существующей и функционирующей системе сбора информации для внесения в государственный лесной реестр

- Платонова Евгения Петровича директора Департамента природных ресурсов и несырьевого сектора экономики Ханты – Мансийского автономного округа – Югры «Опыт Ханты – Мансийского автономного округа – Югры в области информатизации лесного хозяйства». Здесь на основе территориальной Информационной системы Югры, отлажена и действует схема информационных потоков в сфере лесных отношений

- Штрахова С.Н. Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия «Опыт Республики Карелия в области информатизации лесного хозяйства», в которой внедрена автоматизированная система управления лесными ресурсами (АСУЛР), как единая ГИС «Лесной фонд» РК представляющей собой комплекс автономных программных приложений.

Подобные информационные системы существуют и успешно функционируют почти во всех субъектах Российской Федерации, однако как в первом, так и во втором случае представленные предложения и концепции ИС построены на традиционной «клиент – серверной» технологии с собственными центрами обработки данных (ЦОД) на каждом уровне и использующие только коммуникационные возможности Интернет.

Такие системы обладают рядом существенных недостатков:

- ЦОДы создавались (будут создаваться) под конкретную задачу и их функциональная модернизация связана с большими затратами.

- По оценкам экспертов около 70% ИТ - бюджетов тратятся на эксплуатационные расходы, оставляя незначительные ресурсы на развитие систем при недостаточной гибкости и низкой эффективности использования вычислительных мощностей и загрузке серверов.

- Существенные материальные затраты для обеспечения функционирования полноценной системы информационно – аналитического обеспечения и содержания ЦОДа: аппаратно-программные платформы, обучение ИТ – персонала и т.п.

- Из-за отсутствия открытого единого информационного пространства в лесной отрасли, данные у пользователей на различных уровнях управления лесным хозяйством обычно унаследованы из старых систем и хранятся в различных форматах и не всегда достоверны, так как отсутствует налаженный механизм получения и верификации информации о лесном фонде для целей анализа и управления.

□ Отсутствием у основной массы пользователей профессиональных навыков работы с ГИС и другими современными средствами геоинформационных технологий.

□ Зачастую невозможность оперативной обработки информации и возможности ее использования, как на стационарных, так и на мобильных рабочих местах.

□ Необходимость использования сложных прикладных программ, обрабатывающих данные, требующие множество ссылок для выражения отношений между ними при обработке и хранении больших объемов информации в единых форматах.

□ Довольно сложный интерфейс выполнения запросов, и корректировки баз данных, требующий специальной подготовки и достаточной квалификации специалистов.

□ В отрасли мало специалистов с практическим опытом камерального дешифрирования материалов аэрокосмических фотосъемок.

Хотелось бы предложить некоторые соображения по еще одному альтернативному направлению информатизации ЛХ.

**Третье направление.** Это создание интегрированной информационной системы с использованием «облачных технологий (вычислений)». На первом этапе развертывание такой системы можно производить на существующих инфраструктурах на основе обоснования и выбора набора «облачных» сервисов на каждом уровне при выявленных целевых функциях и взаимосвязях между уровнями информатизации ЛХ.

Такая интегрированная информационная система, будет обладать положительными свойствами двух рассмотренных подходов, не требует ее проектирования по полному циклу (с нуля), при минимальных затратах на ее создание см. рис.5.



Рис. 5

Облачные вычисления (Cloud computing) – это **архитектура ИТ** позволяющая получать **удобный доступ к коллективно используемым ресурсам** (сетям, оборудованию, хранилищам данных, приложениям, сервисам и т.д.), с возможностью **быстрого развертывания и ввода в действие дополнительных ресурсов с минимальными усилиями** и вмешательством обслуживающего технического персонала или сервис-провайдера. Это технология распределённой обработки данных, в которой компьютерные, информационные и программные ресурсы предоставляются пользователю как Интернет-сервис.

Предоставление пользователю услуг таких, как Интернет-сервис является ключевым. Однако доступ к сервису может осуществляться также и через обычную локальную сеть с использованием веб-технологий.

Таким образом, облачные вычисления **просто платформа и технологии**, обеспечивающие отдельным пользователям и компаниям используя Интернет получить доступ к неограниченным аппаратным и программным ресурсам и информации для удовлетворения вычислительных потребностей в ходе решения своих задач, **оставив техническое обеспечение провайдерам облачных услуг.**

Интегрирующим началом в предлагаемом решении является единое открытое информационное пространство - Государственный лесной реестр (ГРЛ) - Федеральный уровень (Рослесхоз) на основе **Инфраструктура в качестве сервиса – IaaS (Infrastructure as a Service).**

Региональный уровень – ИС (ЦОДы) субъектов РФ на основе **Платформы в качестве сервиса - PaaS (Platform as a service) и Программное обеспечение в виде сервиса – SaaS (Software as a service).**

Местный уровень (лесничества, лесопарки) – **Специальные службы – стационарные и мобильные рабочие станции (браузер) - АРМы.**

В дальнейшем информатизация должна перейти на использование облачных технологий в чистом виде, оставив собственные ЦОДы для решения других задач до завершения их жизненного цикла.

Специалистов лесного хозяйства естественно интересует работа с пространственными данными с использованием ГИС в таких структурах. При применении облачных технологий, например, нет необходимости устанавливать собственную ГИС, так как будет использоваться система провайдера с открытым исходным кодом с возможностью удаленного доступа.

Весной 2011 года выпущен специально сконфигурированный вариант ArcGIS Server 10 для облачной среды с поддержкой его встраивания в облачную инфраструктуру Amazon. При этом клиентам не нужно устанавливать и поддерживать программное обеспечение и приложения в облаке, эти функции берет на себя Esri, при этом обеспечивается постоянная доступность данных и инструментов для работы с ними и возможность работы как в офисе, так и в лесу. В облаке можно сразу обратиться к общим данным и приложениям, чтобы их обнаружить, просмотреть, отредактировать, сохранить изменения и воспользоваться функциями геообработки для получения требуемых результатов. (Esri - американская компания, производитель геоинформационных систем (ГИС). Семейство программных продуктов компании ArcGIS получило широкое распространение в мире и, в частности, в России).

ArcGIS Server дает возможность управлять геоданными в различных СУБД. Данные могут храниться в централизованной базе данных с поддержкой одновременного многопользовательского редактирования, необходимого для многих рабочих последовательностей по управлению данными. С ArcGIS Server появляется возможность создавать и загружать пространственные данные в базы геоданных.

Сервис геометрии позволяет производить такие геометрические операции как буфер, упрощение, вычисление площади или длины, слияние, разбиение и проецирование. Сервис геометрии часто используется совместно с сервисом пространственных объектов для поддержки сложного ГИС-редактирования через веб.

Если рассматривать модели услуг(предоставления) сервисов в области геоинформационных технологий на основе «облачных» вычислений, то можно выделить следующие три категории:

- Модель SaaS (ПО как сервис). Действующими в настоящее время приложениями такого вида являются Business Analyst Online ([www.esri.com/software/bao](http://www.esri.com/software/bao)) и ArcGIS Explorer Online ([explorer.arcgis.com](http://explorer.arcgis.com)),

а также сервис MapIT ([www.esri.com/software/mapit](http://www.esri.com/software/mapit)) для бизнес анализа, работающий на платформе Microsoft.

- Вторая категория облачной интеграции, платформа как сервис (PaaS), предоставляет средства прикладной разработки или промежуточное ПО в виде сервиса для создания и развертывания пользовательских приложений. К этой категории можно отнести Esri APIs – картографические веб-интерфейсы для JavaScript, Flex и Silverlight. Например, с помощью ArcGIS Silverlight API разработчики могут создать сервис для облачной платформы Microsoft's Windows Azure.

- Наиболее известной облачной опцией третьего типа IaaS (Инфраструктура как сервис) в настоящее время является Amazon Web Services с центрами данных. Со стороны Esri примером облачного решения тут является ArcGIS Server for Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud). Amazon.com предоставляет облачную модель, а Esri все шире использует эту услугу для предоставления все большего числа своих сервисов. Достигнута договоренность с Amazon по обслуживанию пользователей, желающих запустить ArcGIS Server в этой среде. В качестве клиента можно приобрести право на обслуживание со стороны Amazon, а как пользователь ArcGIS 10 он получает доступ к ArcGIS Server, интегрированный в облачную инфраструктуру Amazon.

Наряду с рассмотренными моделями, следует отметить, что Компания Google разработала прототип системы контроля и измерения изменений состояния лесов в мировом масштабе. Для того чтобы определить темпы вырубки лесов, в системе объединены технология обработки спутниковых снимков с Google Earth, с помощью которой определяются области вырубки леса, и технология анализа и сравнения изображений, полученных в течение большого промежутка времени.

Здесь также разработано программное обеспечение, позволяющее составлять карты леса на основе анализа спутниковых данных. Эта технология была перенесена на новую платформу, которая предоставит доступ к терабайтам изображений земной поверхности с Google Earth и вычислительной мощности дата центров компании. Система, основанная на облачных вычислениях, является быстрой, дешевой и безопасной. Большая скорость обработки обеспечивает оперативное обнаружение несанкционированных действий, которые помогут местным властям обнаружить и прекратить незаконные вырубки леса.

Технология применения облачных вычислений довольно-таки проста, например, на Amazon (ГИС) алгоритм их применения примерно таков:

- Пользователь приобретает ArcGIS Server 10
- Имея лицензию на ArcGIS Server 10, пользователь получает право бесплатно использовать его копию в облаке Amazon

- Провайдер предоставляет пользователю виртуальную машину с развернутым на ней экземпляром ArcGIS Server 10
- Пользователь заключает с Amazon договор на хостинг этой машины в облаке
- Провайдер обеспечивает данными по картографии, кадастровой информацией из официальных источников и приложениями для решение всех задач лесоустройства.

При этом все вопросы, связанные с обеспечением лицензий на ПО, применение и использование новых версий решает провайдер.

Единое открытое информационное пространство (Государственный лесной реестр) позволит иметь прямой доступ информации любому пользователю по установленной правовой форме.

Ввиду того, что переформатирование, конвертирование, актуализация и синхронизация данных будут осуществляться автоматически, как сервис, входящий в состав услуг облачных вычислений, то пользователям будет представлена не только полная и актуальная информация, но также этот сервис обеспечит возможность для быстрой интеграции даже унаследованным данным с данными других систем.

То есть в облачных технологиях заложена возможность конвертации данных в форматы других, внешних приложений, с которыми работают другие учреждения и организации, такая система обеспечивает предметную стыковку оперируемых данных, и может быть востребована не только на различных уровнях управления лесным хозяйством, но и другими хозяйствующими структурами.

На региональных уровнях облачные технологии обеспечивают:

- качественную камеральную обработку результатов лесоустроительных работ;
- ведение непрерывного лесоустройства как обязательной основы для ведения лесного реестра;
- получение стандартных итоговых форм, нормативных документов, необходимых для организации и ведения лесного хозяйства всех уровней - проектов освоения, регламентов, лесных планов и т.п.;
- мониторинг мест рубок с помощью космоснимков;
- увязку ГИС площадей до административных в пределах кварталов, категорий лесов и лесничеств в целом;
- систему учета договоров аренды лесного фонда;
- нарезку лесосек с расчетом их материальной оценки.

На уровне лесничеств облачные технологии обеспечивают:

- планирование мест рубок (нарезка лесосек) и последующий их отвод в натуре;
- расчет материально-денежной оценки лесосек;
- наземный контроль работ, в том числе с использованием GPS.

- интерфейс работы с таксационными данными;
- систему контроля ввода таксационных данных;
- систему протокольного внесения текущих изменений.

Несмотря на это сбор и «доставку» информации в ГЛР должен производить не лесничий, даже вооруженный GPS – навигатором, полевым ноутбуком и другими современными электронными средствами и инструментами, а специальные службы включенные, на постоянной основе, в организационно-штатную структуру лесничеств и лесопарков см. рис.\*6.



Рис. 6

Лесничие должны заниматься тем, о чем писал знаменитый лесовод профессор М.М. Орлов в своей книге «Об основах русского государственного лесного хозяйства».

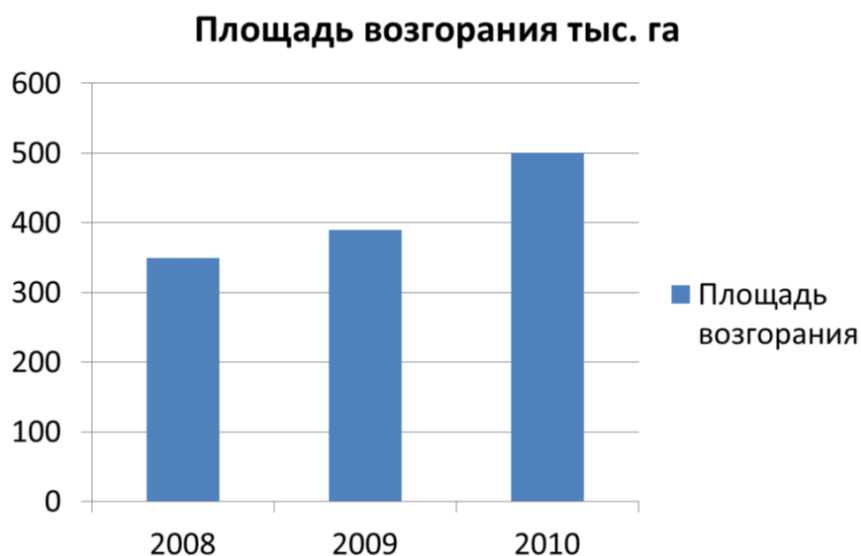
***«Лесничий есть производитель, а не распределитель лесных благ. Задачей каждого государственного лесничего и всего казенного лесоправления является выращивание возможно лучших и разнообразных лесов и получение постоянного и возможно более высокого лесного дохода, используемого правительством в интересах всего населения страны и самого лесного хозяйства».***



**А.М. Заяц**, кандидат технических наук, профессор  
**А.А. Логачев**, магистрант

## **РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМЕДИЙНОГО WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

В связи со значительным ростом количества и масштабов лесных пожаров, сложностью их ликвидации, а также ущерба, наносимого экологии и лесохозяйственному комплексу, задача эффективного решения проблем связанных с ликвидацией последствий лесных пожаров становится все более актуальной.



*Рис.1.* Рост числа пожаров в РФ

Наряду с закупкой противопожарной техники, развертыванием новых противопожарных подразделений и обучением специалистов, важным является повышение эффективности управления в условиях чрезвычайной обстановки, с использованием современных информационных систем и технологий по противодействию лесным пожарам.

С этой целью разработано мультимедийное web-приложение, обеспечивающее определение координат очага возгорания, прогнозирование распространения огня, определение наиболее эффективного способа локализации и профилактики лесных пожаров.

Определение координат лесного пожара реализовано за счет использования данных с тепловых, инфракрасных и телевизионных камер, информации со спутниковых снимков, мобильных устройств, оснащенных современными навигационными средствами.



*Рис.2. Технологии мониторинга леса*

Для достоверного прогнозирования распространения огня разработана математическая модель поведения лесного пожара, учитывающая множество характеристик таких, как: направление и скорость ветра, время года и состояние леса, влажность воздуха, рельеф местности и прочие. Использование технологий облачных вычислений, позволяет большинству указанных характеристик обновляться автоматически в режиме реального времени.

В модели распространения огня предусмотрена визуализирующая компонента обеспечивающая просмотр поэтапного продвижения пожара с временным интервалом заданным пользователем. Анализ полученных результатов моделирования позволяет выработать рациональную стратегию борьбы с пожаром.



*Рис.3. Модель распространения пожара(1 час; 3 часа; 6 часов)*

Определение наиболее эффективного способа локализации пожара происходит на основе анализа таких данных как: местоположение ближайших пожарных и воинских частей, их противопожарное и техническое оснащение, расположение дорог, их качества и предполагаемая скорость движения, наличие близлежащих населенных пунктов и т.п.

Все ближайшие пожарные части в модели сортируются по критериям технической готовности и наименьшего времени на прибытие к месту пожара. Для расчета минимального времени прибытия, используется алгоритм поиска кратчайшего пути, а также данные о средней скорости пере-

движения по конкретной дороге. Место прибытия рассчитывается с учетом первоначального очага возгорания, время, прошедшего с момента обнаружения, модели прогнозирования распространения пожара и эффективности тушения пожара на данном участке.

В целях профилактики лесных пожаров осуществляется сбор, хранение и анализ множества факторов, влияющих на пожароопасную обстановку в лесном участке. Таким фактором, например, может быть длительной период без осадков, резкое повышение температуры, неоконченная вырубка или открытие новой дороги, система также ведет учет возраста и состояния леса и постоянно уведомляет о вероятных пожарах в старых сухостоях.

Мультимедийное web-приложение было разработано на платформе Adobe Flash. Выбор этой технологии обусловлен относительной универсальностью ее при работе с различными операционными средами и мобильными платформами, а также направленностью на web-технологии.

Представленное приложение не требовательно к используемому программному и аппаратному обеспечению, способно в автоматическом режиме отслеживать появляющиеся лесные возгорания, определять координаты очагов пожара, прогнозировать дальнейшее распространение огня, определять наиболее эффективный способ тушения каждого конкретного пожара, а также осуществляет информационное обеспечение мероприятий по профилактике лесных пожаров.

Все указанные функции доступны в рамках единого пользовательского web - интерфейса, а обновление и анализ данных проходит в автоматическом режиме на стороне сервера с возможным использованием SaaS - приложений.



Рис.4. Web-сервисы, используемые для сбора информации

Действия пользователя по управлению работой web – приложения сведены к минимуму, позволяя ему больше сконцентрироваться на важном принятии решения в различных условиях чрезвычайной обстановки.

**В.А. Богатырев**, доктор технических наук, профессор  
**К.А. Булыгин, В.Ю. Пинкевич, М.В. Попова, С.В. Богатырев,**  
**А.В. Кулиш, И.Ю. Голубев, Р. В. Двадцатов**

## **ВЕКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЩИЩЕННЫХ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СРЕДЕ *MATHCAD***

### ***Введение***

Центры хранения и обработки данных при их высокой производительности и отказоустойчивости и защищенности должны обладать низкой стоимостью, что обуславливает необходимость их векторной оптимизации.

### ***Постановка задачи оптимизации***

Типовая структура центры хранения и обработки данных представлена на рис.1



*Рис.1.* Типовая структура центры хранения и обработки данных

В качестве объекта оптимизации в приведенной многоуровневой структуре центры хранения и обработки данных выделим многоуровневые вычислительные системы, содержащие  $n$  кластерных групп серверов с разделением прав доступа, при объединении межсетевых экранов в отказоустойчивые кластеры, что позволяет существенно повысить надежность и производительность контура обеспечения безопасности и вычислительной системы в целом [1–5].

Для вычислительных систем с выделением  $n$  групп серверов, каждая из которых из соображений информационной безопасности доступна для определенного типа запросов рассмотрим два варианта объединения резервированных межсетевых экранов в кластеры:

- А.** Межсетевые экраны объединяются в единый кластер для всех групп серверов (рис.2);
- В.** Межсетевые экраны объединяются в кластер для каждой группы серверов отдельно (рис.3).

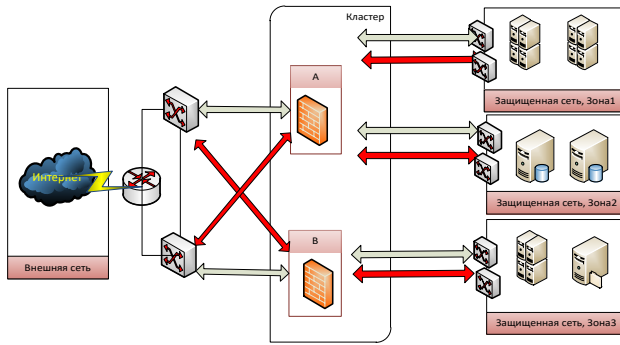


Рис. 2. Объединение межсетевых экранов в единый кластер для всех групп серверов

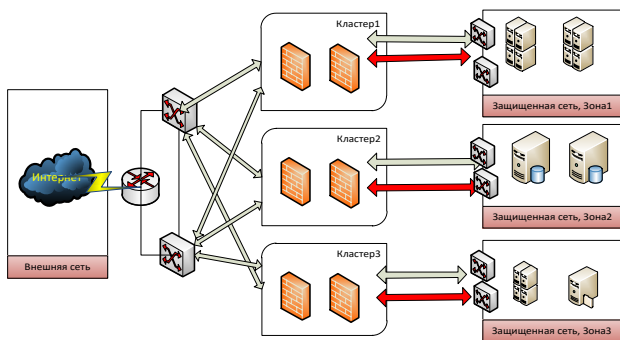


Рис.3. Объединение межсетевых экранов в кластеры для каждой группы серверов.

При оптимизации для вариантов **A** и **B** требуется найти кратность резервирования узлов, при котором достигается минимум среднего времени пребывания запросов при ограничении стоимости реализации системы  $C_0$ .

Для вариантов **A** и **B** средние времена пребывания запросов в системе и затраты на их реализацию равны [3]:

$$T_A = \frac{v_0}{1 - \lambda_0 v_0 / n_0} + \frac{v_1}{1 - \lambda_0 v_1 / n_1} + \sum_{i=0}^n b_i \left[ \frac{v_2}{1 - b_i \lambda_0 v_2 / M_i} + \frac{V_i}{1 - b_i \lambda_0 V_i / m_i} \right],$$

$$T_B = \frac{v_0}{1 - \lambda_0 v_0 / n_0} + \sum_{i=0}^n b_i \left[ \frac{v_1}{1 - b_i \lambda_0 v_1 / r_i} + \frac{v_2}{1 - b_i \lambda_0 v_2 / M_i} + \frac{V_i}{1 - b_i \lambda_0 V_i / m_i} \right],$$

$$C_A = n_0 c_0 + n_1 c_1 + \sum_{i=0}^n (c_2 M_i + c_3 m_i) + c_a \left[ n_0 (1 + n_1) + \sum_{i=0}^n M_i (n_1 + m_i) \right],$$

$$C_B = n_0 c_0 + \sum_{i=0}^n (r_i c_1 + c_2 M_i + c_3 m_i) + c_a \left[ n_0 + \sum_{i=0}^n (n_0 r_i + M_i (r_i + m_i)) \right],$$

где  $v_0, v_1, v_2$  – среднее время обслуживания в коммутаторах уровня доступа, межсетевых экранах и внутренних коммутаторах серверных групп;  $V_i$  – среднее время выполнения запросов в серверах  $i$ -ой группы;  $\lambda_0$  – интенсивность потока запросов;  $b_i$  – вероятность запроса к серверам  $i$ -ой группы, число коммутаторов в которой равно  $M_i$ , а число серверов  $m_i$ ;  $n_0$  – число коммутаторов уровня доступа,  $n_1$  – число межсетевых экранов в объединенном кластере для варианта **A**, а  $r_i$  – их число в каждой

кластерной группе экранов для варианта **В**. Стоимости сетевых адаптеров равны  $c_a$ , коммутаторов уровня доступа –  $c_0$ , межсетевых экранов –  $c_1$ , коммутаторов внутри серверных групп –  $c_2$ , а стоимость сервера равна  $c_3$ . Приведем реализацию типовых функций, направленных на поддержку векторной оптимизации в системе *Mathcad* [3].

**Функции оценки частных показателей качества в системе *Mathcad*.**

Определим функцию для расчёта времени пребывания заявки в системе [2], интерпретируя каждый узел исследуемой структуры системой массового обслуживания типа *M/M/1*, как:

$$T(\lambda, k) := \left. \begin{array}{l} r \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..last(k) \\ \left| \begin{array}{l} \rho \leftarrow \frac{\lambda}{k_i} \cdot b_i \\ \text{return } \infty \text{ if } \rho \geq 1 \\ r \leftarrow r + \alpha_i \cdot \frac{b_i}{1 - \rho} \end{array} \right. \\ r \end{array} \right.$$

Эта функция принимает два аргумента: интенсивность входного потока заявок и вектор числа элементов на каждом уровне. Функция учитывает значения вектора  $\alpha$ , определяющего коэффициенты передач (сколько раз заявка попадает в узел каждого типа). Функция для расчёта вероятности работоспособного состояния системы включает вычисление числа сочетаний из  $n$  по  $k$  (для этого используется треугольник Паскаля):

$$Combins := pascal\_triangle(max(m)) \quad (Combins_{k,n} = C_n^k)$$

$$P(N) := \left. \begin{array}{l} r \leftarrow 1 \\ \text{for } j \in 0..last(p) \\ \left| \begin{array}{l} C \leftarrow Combins^{(N_j)} \\ r \leftarrow r \cdot \left[ \sum_{i=S_j}^{N_j} [C_i \cdot (p_j)^i \cdot (1 - p_j)^{N_j - i}] \right] \end{array} \right. \\ r \end{array} \right.$$

Функции для нахождения интенсивности максимального входного потока, выдерживаемого системой, и её стоимости имеют вид:

$$\Lambda(N) := \min\left(\frac{N}{b}\right), \quad C(N) := N \cdot c$$

Функция, формирующая множество допустимых систем, из которых потом выбирается наилучшая со вспомогательными функциями:

$$Crits(N) := stack(P(N), T(\lambda, N), \Lambda(N), C(N), format("\{0\}, \{1\}, \{2\}", N_0, N_1, N_2))$$

$$is\_valid(Crits) := (Crits_0 \geq P_0) \wedge (Crits_1 \leq T_0) \wedge (Crits_3 \leq C_0)$$

$$RN := \begin{array}{l} i \leftarrow 0 \\ \text{for } n_0 \in s_0..m_0 \\ \quad \text{for } n_1 \in s_1..m_1 \\ \quad \quad \text{for } n_2 \in s_2..m_2 \\ \quad \quad \quad N \leftarrow \text{stack}(n_0, n_1, n_2) \\ \quad \quad \quad \text{Crits\_}N \leftarrow \text{Crits}(N) \\ \quad \quad \quad \text{if } \text{is\_valid}(\text{Crits}(n) \\ \quad \quad \quad \quad \quad RN^{(i)} \leftarrow \text{Crits\_}N \\ \quad \quad \quad \quad \quad i \leftarrow i+1 \\ RN^T \end{array}$$

Здесь  $\text{Crits}(N)$  и  $\text{is\_valid}(\text{Crit})$  – вспомогательные функции, которые используются при вычислении значения матрицы  $RN$ .

$\text{Crits}(k)$  вычисляет значения всех критериев данной системы (которая задаётся вектором  $k$  – число элементов на каждом уровне), в том числе имя системы (которое будет критерием для лица, принимающего решение) в виде строки.

$\text{is\_valid}(\text{Crit})$  принимает вектор критериев и проверяет, удовлетворяют ли критерии заданным условиям (возвращает 1 или 0 – «да» или «нет»).

Матрица  $RN$  создаётся при помощи вложенных циклов *for* (число циклов соответствует числу уровней системы) и состоит из векторов  $k$  (то есть системы) с числом устройств на каждом уровне от необходимого (здесь «1») до максимального, которое можно использовать, не превысив бюджет (ограничение  $C0$ ). Далее при помощи вспомогательных функций для каждой системы вычисляются значения критериев и проверяется, удовлетворяют ли эти значения ограничениям. При удовлетворении весь вектор критериев помещается в матрицу  $RN$  – матрицу допустимых решений. В итоге формируется матрица, строками которой являются вектора критериев ( $\underline{Results}$ ) с именами решений ( $\underline{Names}$ ).

Дальше определяются вспомогательные функции для отделения от этой матрицы столбца (вектора) имён и собственно матрицы критериев, которыми оперируют функции методов многокритериальной оптимизации.

$$rn2n(RN) := RN^{(4)}$$

$$rn2r(RN) := \text{submatrix}(RN, 0, \text{rows}(RN) - 1, 0, \text{cols}(RN) - 2)$$

### **Функции определения области Парето**

Для нахождения области Парето определим следующие вспомогательные функции:

$$is\_member(z,V) := \begin{cases} \text{for } i \in 0..last(v) \\ \text{return } 1 \text{ if } V_i = z \\ 0 \end{cases}$$

$$is\_less\_better(i\_crit) := (i\_crit = 1) \vee (i\_crit = 3)$$

$$fill\_vector(value,length) := \begin{cases} \text{for } i \in 0..length-1 \\ V_i \leftarrow value \\ V \end{cases}$$

Функция  $is\_member(z, V)$  служит для проверки, является ли значение  $z$  элементом множества  $V$  (заданного в виде вектора).  $is\_less\_better$  возвращает 1 («истина»), если критерий, индекс которого передается как параметр, имеет смысл «чем меньше, тем лучше», иначе возвращается 0 («ложь»):  $P$  и  $\Lambda$  мы максимизируем, а  $T$  и  $C$  – минимизируем.  $fill\_vector$  возвращает вектор указанной длины, заполненный нужным значением.

Функция  $normalize$  нормализует значения по столбцам, поскольку в них находятся значения одного и того же критерия для разных систем.

$$normalize(R) := \text{for } i \in 0..cols(R)-1$$

$$\begin{cases} C \leftarrow R^{(i)} \\ Cmin \leftarrow \min(C) \\ Cmax \leftarrow \max(C) \\ C \leftarrow \begin{cases} fill\_vector(0.5, length(C)) \text{ if } Cmin = Cmax \\ \frac{C - Cmin}{Cmax - Cmin} \text{ otherwise} \end{cases} \\ C \leftarrow 1 - C \text{ if } is\_less\_better(i) \\ R^{(i)} \leftarrow C \end{cases}$$

Далее определены функции, упрощающие нахождение области Парето:

$$is\_pareto\_worse(V,W,nV,nW) := \begin{cases} \text{return } 0 \text{ if } nW = "bad" \\ is\_worse \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..last(V) \\ \begin{cases} \text{return } 0 \text{ if } V_i > W_i \\ is\_worse \leftarrow 1 \text{ if } V_i < W_i \end{cases} \\ \text{trace}("is\_pareto\_worse: \\ \{0\} \text{ is worse than } \{1\}", nV, nW) \text{ if } is\_worse \\ is\_worse \end{cases}$$

$$is\_pareto\_bad(V, Cols, nV, N) := \begin{cases} \text{for } i \in 0..cols(Cols)-1 \\ \text{return } 1 \text{ if } is\_pareto\_worse(V, Cols^{(i)}, nV, N_i) \\ 0 \end{cases}$$



Функция  $is\_pareto\_worse(V, W, nV, nW)$  определяет, доминирует ли по Парето вектор  $W$  над вектором  $V$ , то есть является ли вектор  $V$  однозначно худшим, чем  $W$ .

Функция  $is\_pareto\_bad(V, Cols, nV, N)$  находит, доминирует ли по Парето над вектором  $V$  хоть один другой вектор, то есть лишний ли вектор  $V$  в матрице  $Cols$ .

Функции для нахождения области Парето, принимающие нормализованные значения (все критерии имеют вид «чем больше, тем лучше»):

$$pareto\_names(R, N) := \left\{ \begin{array}{l} Cols \leftarrow R^T \\ i\_good \leftarrow 0 \\ \\ \text{for } i \in 0..cols(Cols) - 1 \\ \left\{ \begin{array}{l} V \leftarrow Cols^{(i)} \\ N_i \leftarrow "bad" \text{ if } is\_pareto\_bad(V, Cols, N_i, N) \\ \text{otherwise} \\ \left\{ \begin{array}{l} N\_good_{i\_good} \leftarrow N_i \\ i\_good \leftarrow i\_good + 1 \end{array} \right. \end{array} \right. \\ N\_good \end{array} \right.$$

$$filter\_names(R, N, N\_new) := \left\{ \begin{array}{l} Cols \leftarrow R^T \\ i\_new \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..last(N) \\ \text{if } is\_member(N_i, N\_new) \\ \left\{ \begin{array}{l} Cols\_new^{(i\_new)} \leftarrow Cols^{(i)} \\ i\_new \leftarrow i\_new + 1 \end{array} \right. \\ Cols\_new^T \end{array} \right.$$

Функция  $pareto\_names(R, N)$  по заданной матрице критериев ( $R$ ) и вектору имен систем ( $N$ ) отбирает в новый вектор имена систем, входящих в область Парето. Функция  $filter\_names(R, N, N\_new)$  по этому вектору составляет матрицу критериев (" $R\_new$ ") систем, входящих в область Парето.

### **Функции поиска решений по скалярному критерию**

Для нахождения оптимального решения при векторной оптимизации могут использоваться: минимаксный критерий; аддитивный критерий; мультипликативный критерий; метод отклонения от идеала; метод главного критерия; метод последовательных уступок и др.

Приведём определение функции для нахождения оптимального решения по аддитивному критерию.

```

additive(R, N, W) :=
  Cols ← RT
  max_value ← -∞
  name ← ""
  for i ∈ 0..cols(Cols) - 1
    value ← W · Cols(i)
    if value > max_value
      max_value ← value
      name ← Ni
  name

```

Функция требует нормализованных значений, то есть в качестве аргумента  $R$  ей должна передаваться матрица критериев в области Парето, обработанная функцией *normalize*. Кроме того, в функцию передаётся вектор имён систем, которым принадлежат эти критерии, и вектор весов критериев  $W$ . Для удобства матрица критериев  $R$  представляется так, чтобы каждый столбец содержал характеристики одной системы. Функция скалярно умножает каждый столбец (вектор критериев системы) на вектор весов, получая значение аддитивного критерия для данной системы. После этого полученное значение аддитивного критерия сравнивается с максимальным на данный момент значением и, если новое значение больше максимального, то оно само становится максимальным, а его имя запоминается как возможный ответ. После перебора всех систем в переменной *name* оказывается имя системы с максимальным значением аддитивного критерия.

Здесь *trace* – встроенная функция *Mathcad*, которая выводит в окно отладки строку с нужными переменными при включенной опции *Tools > Debug > Toggle debugging*.

### **Пример оптимизации**

Приведем результаты оптимизации при  $n=4$ ;  $b=(0,1; 0,1; 0,1; 0,7)$ ,  $v_0=0,1$ ;  $v_1=0,9$ ;  $v_2=0,1$  с;  $V_0=V_1=V_2=3$ с;  $c_0=1$ ,  $c_1=3$ ,  $c_2=1$ ,  $c_3=6$ ,  $c_a=0,01$  у.е. и ограничении средств на построение системы  $C_0=300$  у.е. Оптимизация проведена в системе компьютерной математики MathCAD-15, при этом установлено, что для варианта структуры **A** при  $\lambda_0=3,7$  1/с оптимальное число коммутаторов доступа  $n_0=3$  шт. число межсетевых экранов  $n_1=17$ , число серверов в четырех группах равно соответственно 4, 4, 4, 29 шт., а  $M_i=1$ . При тех же условиях оптимальная конфигурация варианта **B** предполагает число сетевых экранов в кластерных группах соответственно равном 2, 2, 2, 5 шт., при том же количестве остального оборудования. Оптимальная структура по варианту **A** обеспечивает среднее время пребывания запросов в системе  $T_a=5,382$  с, а по варианту **B** –  $T_b=5,743$  с, т. е., объединение сетевых экранов по варианту **A** оказывается предпочтительней.

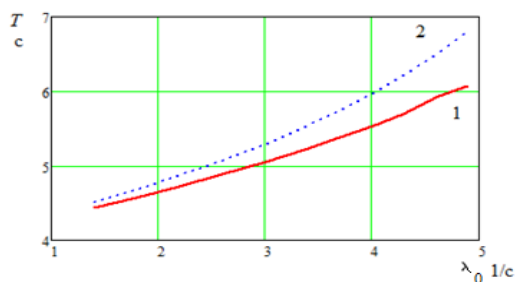


Рис 4. Среднее время пребывания в оптимальных вариантах структур: А (кривая 1) и В (кривая 2)

Зависимость среднего времени пребывания запросов в системе от интенсивности их поступления  $\lambda_0$  для вариантов объединения экранов А и В, формируемых в результате оптимизации, представлена кривыми 1 и 2 на рисунке.

Таким образом, рассмотрена оптимизация многоуровневых вычислительных систем с объединением межсетевых экранов в отказоустойчивые кластеры.

При потоке запросов с разделением доступа к различным группам серверов, показана предпочтительность объединения всех межсетевых экранов в единый кластер (вариант А), причем эта эффективность возрастает с ростом загрузки системы. При низкой загрузке возможна предпочтительность варианта В, так как в этом случае затраты на сетевые адаптеры меньше.

Предложен набор функций для решения оптимизационной целочисленной задачи проектирования систем резервированных машин и агрегатов в среде *Mathcad*.

### Библиографический список

1. Романов М. Отказоустойчивая безопасность // Storage News. – 2007. – № 2 (31). – С. 20–24.
2. Богатырев В.А. Динамическое распределение запросов с управляемой функциональной доступностью // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2001. – № 6. – С. 35-39.
3. Богатырев В.А. К Распределению функциональных ресурсов в отказоустойчивых многомашинных вычислительных системах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2001. – № 12. – С.1-5.
4. Богатырев В.А., Попова М.В., Кудрявцева В.Ю., Фокин С.Б., Богатырев С.В. Оптимизация вычислительных систем с объединением межсетевых экранов в отказоустойчивые кластеры // ИТ Вестник ИТМО. - 2011. - № 6. - С. 140.
5. Богатырев В.А., Булыгин К.А., Пинкевич В.Ю. Векторная оптимизация с программированием в среде Mathcad при комплексировании машин и агрегатов // Техничко-технологические проблемы сервиса. - 2011. - № 4. - С. 48-54.

**В. А. Богатырев**, доктор технических наук,  
**С. В. Богатырев, А. В. Богатырев**

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ДУБЛИРОВАННОГО КОММУТАТОРА**

### **Введение**

К системам компьютерного управления, особенно технологическими процессами и транспортными системами, предъявляются жесткие требования по надежности, отказоустойчивости и производительности. В связи с постоянным опережением роста сложности систем управления по сравнению с ростом надежности используемых средств вычислительной техники, представляются актуальными исследования методов и технических решений по обеспечению и оценке отказоустойчивости компьютерных систем.

Современные коммуникационные подсистемы, как правило, строятся на основе коммутаторов, при этом в системах управления коммуникационная подсистема должна выдерживать, по крайней мере, однократные отказы, то есть коммуникационные средства, как минимум, должны дублироваться.

Функционирование избыточной (резервированной) коммуникационной подсистемы возможно либо в режиме переключения резерва, когда резервные коммутаторы подключаются только после отказов основных коммутаторов, либо в режиме распределения нагрузки, когда связь может осуществляться через все резервные коммутаторы [3]. В первом режиме повышается только надежность, а во втором еще и производительность системы. В режиме распределения нагрузки коммутаторы, частично потерявшие в результате отказов свои коммуникационные возможности, могут не отключаться, а использоваться в режиме деградации с потерей производительности по мере накопления отказов.

Сложность анализа исследуемых систем с резервированием коммутаторов обусловлена следующими причинами:

- модель надежности исследуемых систем с учетом отказов средств связи компьютеров и коммутаторов в общем случае, не сводится к параллельно-последовательной схеме соединения элементов надежности;

- возможно множество пересекающихся минимальных сечений, что приводит к сложному комбинаторному влиянию расположения отказов коммуникационных средств (сетевых адаптеров (СА) портов коммутаторов линий связи) на надежность системы;

- пересекаемостью оборудования коммутатора, задействованного при связи различных пар компьютеров, что приводит к необходимости выделения в каждом из резервированных коммутаторов оборудования, отказ которого приводит к полному отказу коммутатора, и оборудования, приводящего к потере только части его коммуникационных возможностей (деградация);

- потенциальной возможностью повышения эффективности системы в результате использования для распределения трафика частично работоспособных состояний резервированных коммутаторов (с частичной потерей коммуникационных возможностей);

- возможной неполной доступностью коммутаторов для компьютерных узлов, образуемой в результате отказов (деградации) коммуникационных средств (сетевых адаптеров, портов коммутаторов, их базового оборудования и линий связи) или закладываемой при проектировании из-за конструктивных ограничений на число встраиваемых в компьютеры сетевых адаптеров и ограниченного числа портов коммутаторов.

Рассматриваемая постановка задачи анализа коммуникационной подсистемы, по сравнению с традиционной, при которой каждый коммутатор рассматривается в двух состояниях исправен/отказал, позволяет провести более тонкое исследование надежности рассматриваемых систем и, в конечном результате, добиться их более эффективного построения.

Рассмотрим компьютерные системы (рис.1), в которой выделяются два уровня компьютерных узлов (например, серверы и клиентские рабочие станции или серверы и системы хранения или компьютеры и контроллеры сбора информации и т.д.) и резервированная коммуникационная подсистема. Коммуникационная подсистема обеспечивает взаимосвязь любого узла верхнего уровня со всеми узлами нижнего уровня. Связь между узлами внутри одного уровня не обязательна. Число компьютерных узлов верхнего уровня  $m_1$ , а нижнего  $m_2$ .

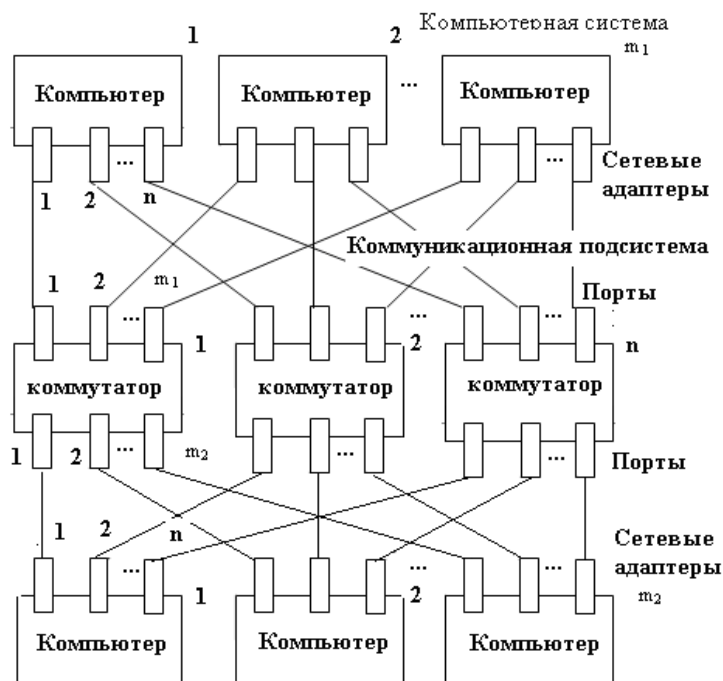


Рис. 1. Компьютерная система с резервированием коммутаторов

Анализ надежности систем с резервированием коммутаторов на основе комбинаторно-вероятностного метода проведен в работе [1], в которой удалось получить приближенную оценку надежности с учетом условий формирования минимальных сечений в зависимости от комбинаторного распределения отказавших средств соединения компьютерных узлов и коммутаторов (сетевых адаптеров-линий связи – портов коммутаторов). В работе [2] при нижней оценке надежности предполагается, что в работоспособной системе, содержащей в исходном состоянии  $m_1$  узлами первой и  $m_2$  второй группы, должно быть, по крайней мере,  $a_3$  исправных коммутаторов, обеспечивающих связь через сетевые адаптеры с  $a_1$  исправными узлами первой группы и  $a_2$  исправными узлами второй группы. Пессимизм оценки обусловлен тем, что система может быть работоспособна, когда связь между  $a_1$  исправными узлами первой группы и  $a_2$  исправными узлами второй группы обеспечивается всей совокупностью коммутаторов, а ни каждым из них в отдельности. При верхней оценке в работе [3] считается, что каждый исправный компьютерный узел первой и второй группы через исправные СА должен быть подключен хотя бы к одному из исправных коммутаторов. Оптимистичность оценки обусловлена тем, что как исправные могут быть идентифицированы состояния, при которых работоспособные узлы первой группы подключены к одним, а второй группы - к другим исправным коммутаторам, что приводит к не связанности узлов разных групп.

Таким образом, в работах [1, 3] предложены методы оценки надежности коммуникационной подсистемы, связывающей две группы компьютерных узлов при обмене между узлами разных групп, однако эти методы являются приближенными и характеризуются вычислительной сложностью.

В связи с тем, что на практике построения отказоустойчивых систем в настоящее время, как правило, ограничиваются дублированием коммуникационных средств, актуальным представляется разработка точных методов оценки надежности таких систем.

### **Постановка задачи.**

Рассматривается коммуникационная подсистема, реализованная на дублированных коммутаторах с выделением в системе двух функциональных групп компьютерных узлов (двухуровневая система). Число компьютерных узлов верхнего уровня  $m_1$ , а нижнего  $m_2$ , ( $m_1 + m_2 = m$ ). Структурная схема исследуемой компьютерной системы (сети) с дублированием коммутаторов представлена на рис 2.

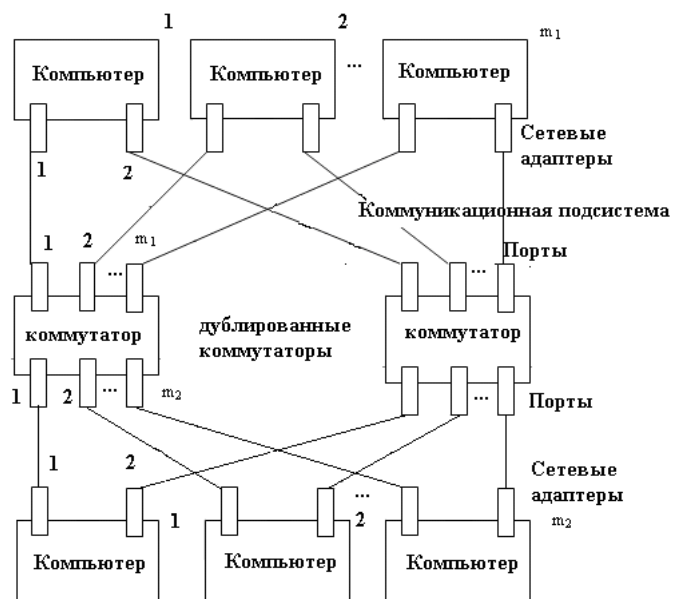


Рис. 2. Компьютерная система с дублированием коммутаторов

Подключение каждого из  $m$  компьютеров к коммутатору осуществляется через цепь “Сетевой адаптер-линия - порт коммутатора” - СА-Л-ПК.

Коммуникационная подсистема считается исправной, если она обеспечивает связь между любой парой компьютерных узлов, один из которых относится к первой (к верхнему уровню), а второй ко второй группе (к нижнему уровню).

Будем считать известными данные по надежности компьютерных узлов, СА, коммутаторов и линий связи. Распределение времени между отказами будем считать экспоненциальным, а отказы компонентов системы - независимыми. Требуется оценить надежность коммуникационной подсистемы.

**Условие работоспособности и отказа коммуникационной подсистемы.**

При оценке надежности коммуникационной подсистемы необходимо учитывать исправность базового оборудования коммутаторов и целостность цепей “сетевой адаптер - линия - порт коммутатора” (СА-Л-ПК).

Состояние коммуникационной подсистемы отображается матрицей  $\|s_{ij}\|_{n \times m}$ , элементом которой  $s_{ij}=1$ , если  $j$ -й компьютерный узел способен к взаимодействию с  $i$ -м коммутатором (СА, подключающий  $j$ -ый компьютерный узел через исправную линию к  $i$ -му исправному коммутатору, исправен), в противном случае -  $s_{ij}=0$  [2, 4].

В работе [4, 5] сформулированы условия отказа коммуникационной подсистемы с резервированием средств связи между компьютерными узлами, при необходимости связанности между любой парой компьютерных узлов (без их разделения на функциональные группы).

*Утверждение 1.* При отказе коммуникационной подсистемы в матрице  $\|s_{ij}\|_{n \times m}$  можно выделить подматрицу  $n \times 2$ , в каждой строке которой находится хотя бы один нулевой элемент.

Для двухуровневых систем с дублированием коммутаторов состояние коммуникационной подсистемы отображается матрицей  $\|s_{ij}\|_{2 \times m}$ ,  $m_1 + m_2 = m$ , причем подматрица  $S_1$  из  $m_1$  первых столбцов отображает подключение к дублированным коммутаторам компьютерных узлов первой группы (верхнего уровня), а подматрица  $S_2$  из  $m_2$  остальных столбцов отображает подключение к коммутаторам компьютерных узлов второй группы (нижнего уровня).

Для двухуровневых систем с дублированием коммутаторов верно следующее обобщение сформулированных выше условий отказа (образования сечений).

*Утверждение 2.* При отказе двухуровневых систем с дублированием коммутаторов в матрице  $\|s_{ij}\|_{2 \times m}$  можно выделить один столбец со всеми нулевыми элементами, или подматрицу  $2 \times 2$ , один столбец которой принадлежит подматрице  $S_1$ , а второй  $S_2$ , причем в каждой строке выделенной подматрицы  $2 \times 2$  имеется хотя бы один нулевой элемент.

Например, при  $m_1=2$  и  $m_2=3$  состоянию отказа коммуникационной подсистемы соответствуют матрицы (с учетом всевозможных перестановок строк и столбцов в подматрицах  $S_1$  и  $S_2$ , разделенных в матрице  $\|s_{ij}\|$  пунктиром):

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & | & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & | & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 & | & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & | & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 1 & | & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & | & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 & | & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & | & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Из сформулированных условий отказа (образования сечений) следуют нижеприведенные условия работоспособности коммуникационной подсистемы двухуровневой компьютерной системы с дублированием коммутаторов.

*Следствие 1.* Если в матрице  $\|s_{ij}\|$  имеется один нулевой элемент, расположенный в  $i$ -й строке ( $i=1,2$ ), подматрицы  $S_1$  (либо  $S_2$ ), то при работоспособности системы все элементы другой строки подматрицы  $S_2$  ( $S_1$ ) должны быть единичными.

*Следствие 2.* Если в матрице  $\|s_{ij}\|$  все элементы подматрицы  $S_1$  (либо  $S_2$ ) находятся в единичном состоянии, то при работоспособности системы в каждом столбце подматрицы  $S_2$  ( $S_1$ ) должен содержаться хотя бы один единичный элемент.

*Следствие 3.* Если в матрице  $\|s_{ij}\|$  все элементы хотя бы одной строки находятся в единичном состоянии, то соответствующее состояние коммуникационной подсистемы – работоспособно.



Таким образом, работоспособные состояния системы отображаются матрицами  $\|s_{ij}\|$  вида:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \cdots 1 & | & 1 & 1 \cdots 1 \\ x & x \cdots x & | & x & x \cdots x \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \cdots 1 & | & x_1 & x_1 \cdots x_1 \\ 1 & 1 \cdots 1 & | & x_2 & x_2 \cdots x_2 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_1 \cdots x_1 & | & 1 & 1 \cdots 1 \\ x_2 & x_2 \cdots x_2 & | & 1 & 1 \cdots 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

где  $x \in \{1,0\}$ , а столбец  $\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$  принимает одно из значений  $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ .

### **Оценка вероятности работоспособного состояния коммуникационной подсистемы.**

При построении модели надежности коммуникационной подсистемы в каждом коммутаторе выделяется некоторое базовое оборудование (вероятность его работоспособности  $p_0$ ), отказ которого приводит к полному отказу коммутатора, и оборудование, отнесенное к портам. Отказ оборудования, отнесенного к каждому порту, приводит к потере связанности коммутатора только с одним компьютерным узлом, причем эта связанность теряется при отказе любого элемента цепи “СА-Л-ПК”. Вероятность сохранения связанности компьютерного узла с коммутатором  $p = p_a p_l p_s$  где  $p_a, p_l, p_s$  - вероятности исправности элементов цепи “СА-Л-ПК”.

С учетом сформулированных условий работоспособности дублированной коммуникационной подсистемы вероятность ее работоспособности определим как:

$$P_c = p_0^2 (P_1 + P_2 + P_3) + 2p_0(1-p_0)p^{m_1+m_2},$$

где первое слагаемое соответствует вероятности работоспособности коммуникационной подсистемы при исправности базового оборудования двух коммутаторов, а второе одного из них, вероятность связанности которого со всеми компьютерными узлами равна  $p^{m_1+m_2}$ .

При исправности базового оборудования двух коммутаторов вероятность работоспособного состояния коммуникационной подсистемы, отображаемого матрицей  $\|s_{ij}\|$  вида (1), определяется как

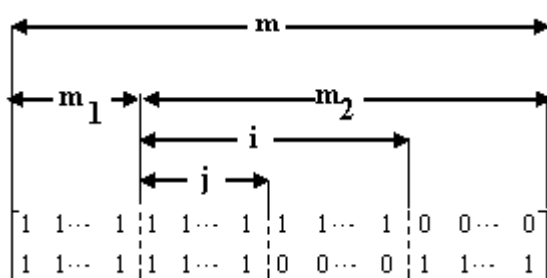
$$P_1 = 1 - (1 - p^m)^2, \quad m = m_1 + m_2,$$

Вероятности  $P_2$  и  $P_3$  работоспособных состояний коммуникационной подсистемы, отображаемых матрицами вида (2) и (3), исключая состояния, при которых в матрице имеется строка со всеми единичными элементами (учитываемые при подсчете работоспособных состояний вида (1)), вычислим как

$$P_2 = p^{2m_1} \sum_{i=1}^{m_2-1} \sum_{j=0}^{i-1} C_{m_2}^i C_i^j p^{m_2+j} (1-p)^{m_2-j}, \quad (4)$$

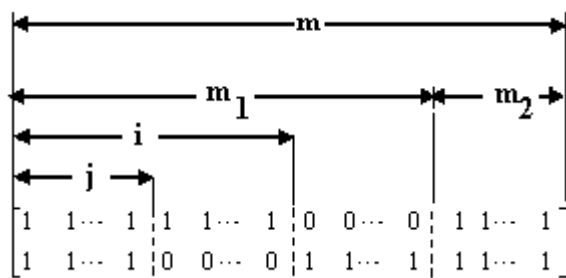
$$P_3 = p^{2m_2} \sum_{i=1}^{m_1-1} \sum_{j=0}^{i-1} C_{m_1}^i C_i^j p^{m_1+j} (1-p)^{m_1-j}. \quad (5)$$

При этом формулы (4), (5) подсчитывают всевозможные работоспособные состояния коммуникационной подсистем, представленные соответственно матрицами вида (6) и (7).



The diagram shows a matrix of size  $m \times m$ . The first  $m_1$  columns are grouped together, and the last  $m_2$  columns are grouped together. Within the  $m_1$  group, the first  $i$  columns are further grouped, and within that, the first  $j$  columns are grouped. The matrix is partitioned into four blocks: a top-left block of size  $i \times j$  with all ones, a top-right block of size  $i \times (m_1 - j)$  with all ones, a bottom-left block of size  $(m_1 - i) \times j$  with all ones, and a bottom-right block of size  $(m_1 - i) \times (m_2)$  with all ones. The rest of the matrix (rows  $i+1$  to  $m_1$  and columns  $j+1$  to  $m_1$ ) contains zeros.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \dots 1 & 1 & 1 \dots 1 & 1 & 1 \dots 1 & 0 & 0 \dots 0 \\ 1 & 1 \dots 1 & 1 & 1 \dots 1 & 0 & 0 \dots 0 & 1 & 1 \dots 1 \end{bmatrix}, \quad (6)$$



The diagram shows a matrix of size  $m \times m$ . The first  $m_1$  columns are grouped together, and the last  $m_2$  columns are grouped together. Within the  $m_1$  group, the first  $i$  columns are further grouped, and within that, the first  $j$  columns are grouped. The matrix is partitioned into four blocks: a top-left block of size  $i \times j$  with all ones, a top-right block of size  $i \times (m_1 - j)$  with all ones, a bottom-left block of size  $(m_1 - i) \times j$  with all ones, and a bottom-right block of size  $(m_1 - i) \times (m_2)$  with all ones. The rest of the matrix (rows  $i+1$  to  $m_1$  and columns  $j+1$  to  $m_1$ ) contains zeros.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \dots 1 & 1 & 1 \dots 1 & 0 & 0 \dots 0 & 1 & 1 \dots 1 \\ 1 & 1 \dots 1 & 0 & 0 \dots 0 & 1 & 1 \dots 1 & 1 & 1 \dots 1 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Зависимость вероятности работоспособности дублированной коммуникационной подсистемы двухуровневой компьютерной системы при изменении вероятности сохранения связности компьютерного узла с коммутатором (исправности цепи СА-Л-ПК) представлено на рис 3 кривыми 1-3 для вероятности исправности базовое оборудование коммутатора  $p_0 = 0,94, 0,96, 0,98$  соответственно. На рис 3 кривые 4-6 отражают вероятность сохранения работоспособности коммуникационной подсистемы без резервирования соответственно при  $p_0 = 0,94, 0,96, 0,98$ .

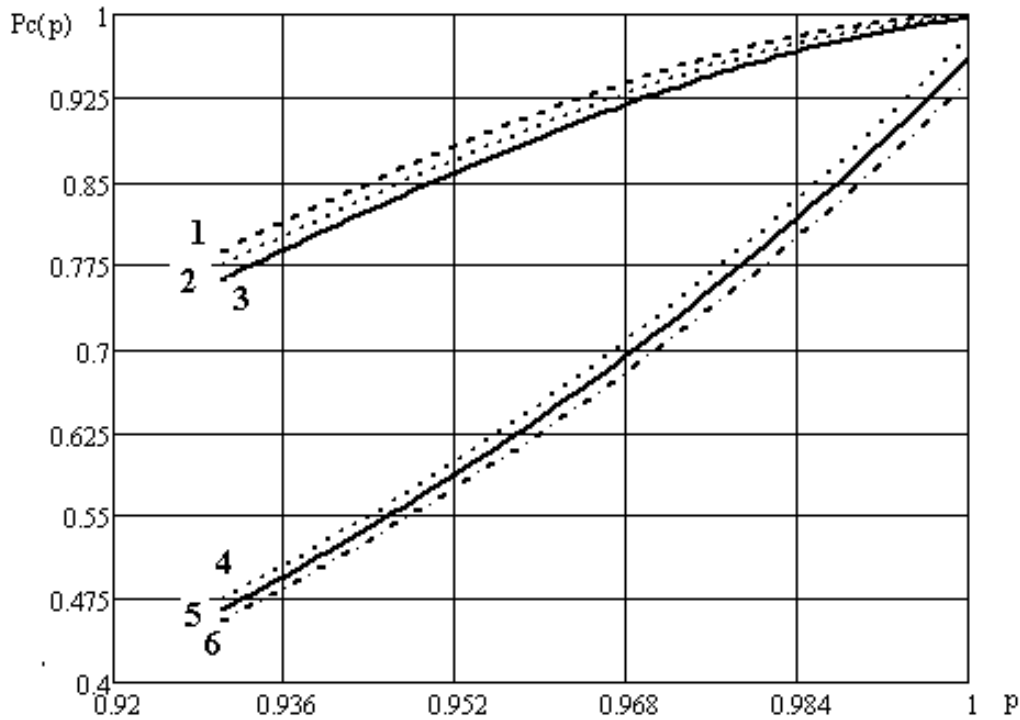


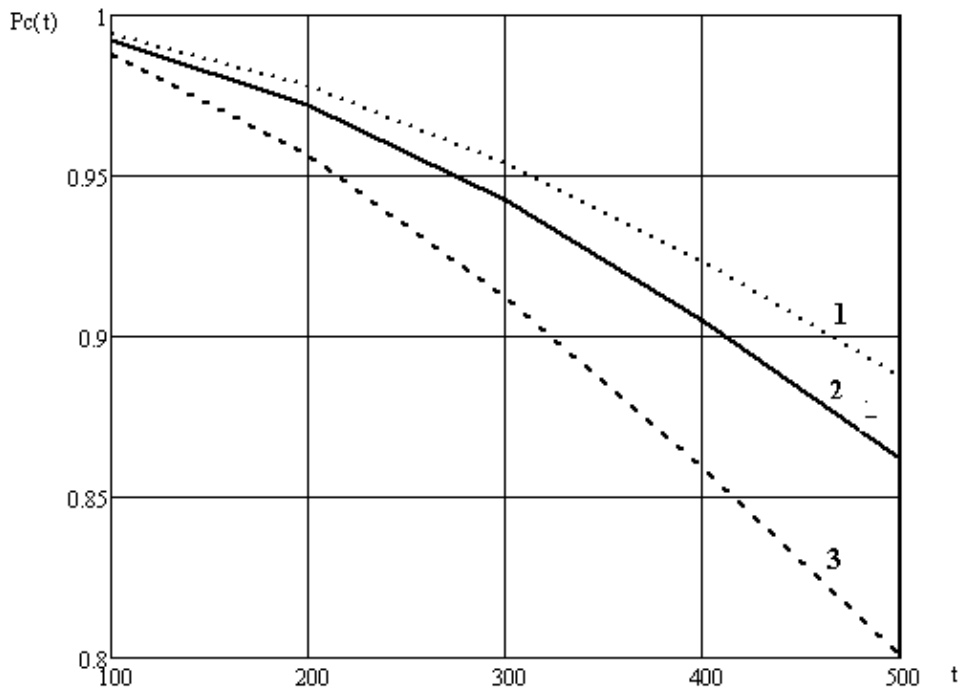
Рис. 3. Вероятность работоспособности коммуникационной подсистемы

В предположении экспоненциального распределения времени между отказами вероятность сохранения работоспособности цепи “СА-Л-ПК” и базового оборудования коммутатора в течение времени  $t$ :

$$p = \exp(-\lambda t), \quad p_0 = \exp(-\lambda_0 t),$$

где  $\lambda_0, \lambda$  - суммарные интенсивности отказов базового оборудования коммутатора, и цепи “СА-Л-ПК”. При этом  $\lambda = \lambda_{ca} + \lambda_{pk} + \lambda_l$ , где  $\lambda_{ca}, \lambda_l, \lambda_{pk}$ , интенсивности отказов компонентов цепи “СА-Л-ПК”.

Зависимость вероятности работоспособности дублированной коммуникационной подсистемы двухуровневой компьютерной системы от времени функционирования при  $\lambda = 10^{-4}$  1/ч представлено на рис 4 кривыми 1-3 соответственно для  $\lambda_0 = 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-3,5}$  1/ч.



*Рис. 4.* Зависимость вероятности работоспособности дублированной коммуникационной подсистемы от времени ее функционирования

Таким образом, предложен метод оценки надежности коммуникационной подсистемы компьютерной системы с дублированием коммутаторов при выделении двух функциональных групп компьютерных узлов (двухуровневая организация системы) и требования обеспечения связанности между любым из компьютерных узлов первой группы и любым узлом второй группы.

Определены условия работоспособности и отказа рассматриваемой коммуникационной подсистемы в зависимости от комбинаторного распределения отказов коммутаторов и средств их подключения к компьютерам.

При построении модели надежности в каждом коммутаторе выделяется некоторое базовое оборудование, отказ которого приводит к полному отказу коммутатора, и оборудование, отнесенное к портам, отказ которого, приводит к частичной потере коммутационных возможностей коммутатора.

Предложенные модели надежности могут быть применены для анализа многоуровневых (с выделением нескольких функциональных групп узлов) компьютерных систем и сетей, в том числе, локальных сетей с организацией “клиент-сервер”, сетей хранения данных, систем связи промышленных компьютеров с датчиками и исполнительными механизмами и д.п.

### **Библиографический список**

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, СПб: Питер. 2012.
2. Богатырев В.А. Комбинаторно-вероятностная оценка надежности и отказоустойчивости кластерных систем "Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика" 2006 №6.
3. Богатырев В.А. Надежность и эффективность резервированных компьютерных сетей. //Информационные технологии .-2006. № 9
4. Богатырев В.А. Отказоустойчивость и сохранение эффективности функционирования многомагистральных распределенных вычислительных систем. //Информационные технологии .-1999. № 9
5. Богатырев В.А. Комбинаторный метод оценки отказоустойчивости многомагистрального канала. // Методы менеджмента качества.2000. № 4.

**С. В. Гуров** доктор технических наук, профессор

### **НАДЕЖНОСТЬ МАЖОРИТАРНОЙ СИСТЕМЫ С ПОСЛЕДЕЙСТВИЕМ ОТКАЗОВ**

Любая резервированная система в той или иной степени подвержена явлению последействия отказов. Это значит, что при отказе некоторых элементов системы неизбежно возникает дополнительная нагрузка на исправные элементы. В результате этого эффекта происходит более интенсивное старение системы, и, как следствие, сокращение времени ее «жизни». Исследования подобного рода проводились, как правило, лишь для систем, у которых времена до отказа элементов имеют экспоненциальные законы распределения. Общая ситуация в научной литературе практически не изучалась. Это связано с тем, что было не понятно, каким образом возникающая нагрузка на элементы системы оказывает влияние на законы распределения соответствующих случайных величин. Результаты работы [2], в какой-то степени, сняли эти препятствия и позволили исследовать надежность систем, как с увеличением, так и с уменьшением нагрузки на их элементы. Надо сказать, что расчет надежности систем с последействием отказов в общем случае невозможно выполнить без применения надлежащих программных средств. В работе рассматривается надежность невозстанавливаемой мажоритарной системы, обладающей последействием отказов.

Рассмотрим резервированную систему, состоящую из  $n$  элементов, работающих одновременно (рис.1).

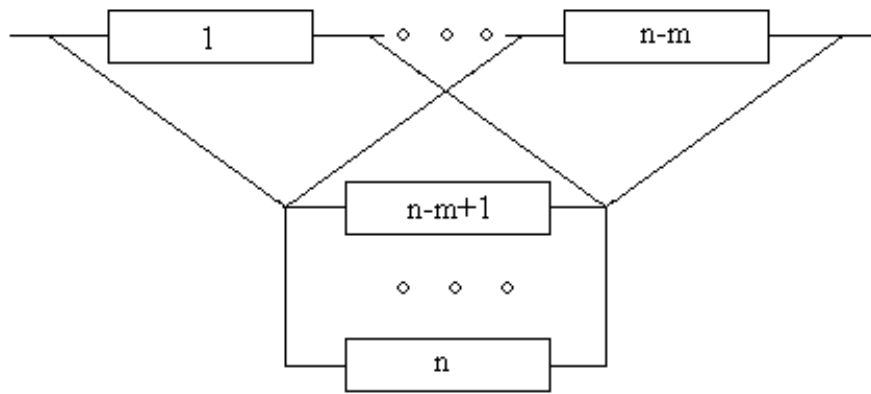


Рис.1

Предположим, что отказ системы наступает при отказе любого набора из  $m+1$  элемента,  $m+1 \leq n$ . Такая система, как известно [1], называется мажоритарной с кратностью резервирования  $\frac{n}{n-m}$ . В системе  $n-m$  основных и  $m$  резервных элементов.

Методы расчета надежности мажоритарной системы без учета последствия отказов рассмотрены во многих руководствах, например, в [1]. Вероятность безотказной работы мажоритарной системы при условии, что все элементы имеют одинаковую надежность, равна

$$P(t) = \sum_{i=0}^m C_n^i F^i(t) \bar{F}^{n-i}(t), \quad (1)$$

где  $F(t)$  – функция распределения времени работы до отказа, а  $\bar{F}(t) = 1 - F(t)$  – вероятность безотказной работы элементов системы,  $C_n^i$  – число сочетаний из  $n$  элементов по  $i$ .

### 1. Вероятность безотказной работы системы с последствием

Будем считать, что в обычных условиях нагрузка  $k_i$  на  $i$ -ый элемент системы численно равна единице. Оценим надежность системы, учитывая последствие отказов элементов. Предположим, что при отказе любых  $i$  элементов нагрузка на работающие элементы возрастает и становится равной

$$k_i = \frac{n}{n-i}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

Если  $t_i$  – момент отказа  $i$ -го элемента, то функция, характеризующая степень нагрузки на элементы резервированной системы из  $n$  элементов представляется в виде (см.[2]):

$$k(t) = \frac{n}{n-i} \text{ при } t_i \leq t < t_{i+1}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, m, \quad (3)$$

где  $t_0 = 0$ ,  $t_{m+1} = +\infty$ .

Надежность мажоритарной системы по критерию вероятности безотказной работы можно рассчитать по формуле

$$P_c(t) = p_0(t) + \sum_{i=1}^m \sum_{j_1, j_2, \dots, j_i} p_{j_1, j_2, \dots, j_i}(t),$$

где

$p_0(t)$  – вероятность того, что в момент времени  $t$  все элементы системы работоспособны,

$p_{j_1, j_2, \dots, j_i}(t)$  – вероятность события, состоящего в том, что до момента времени  $t$  отказало ровно  $i$  элементов с номерами  $j_1, j_2, \dots, j_i$  в указанной здесь последовательности. Суммирование производится по всем различным индексам  $j_1, j_2, \dots, j_i$  от 1 до  $n$ .

Для элементов, обладающих одинаковой надежностью получим

$$P_c(t) = p_0(t) + \sum_{i=1}^m A_n^i p_{1,2,\dots,i}(t), \quad (4)$$

где  $A_n^i$  – число размещений из  $n$  элементов по  $i$ ,

$p_0(t)$  – вероятность того, что в момент времени  $t$  все элементы системы работоспособны,

$p_{1,2,\dots,i}(t)$  – вероятность события, состоящего в том, что до момента времени  $t$  произошли последовательные отказы элементов с номерами  $1, 2, \dots, i$ .

Выпишем соотношения для указанных вероятностей событий. Вероятность того, что все элементы системы работоспособны в момент времени  $t$ , очевидно, равна

$$p_0(t) = \prod_{i=1}^n \bar{F}_i(t). \quad (5)$$

Вероятность последовательного отказа элементов с номерами  $1, 2, \dots, i$  до момента времени  $t$  найдем по формуле полной вероятности:

$$p_{1,2,\dots,i}(t) = \int_{t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_i \leq t} f_1(t_1) f_2(t_2, t_1) f_3(t_3, t_1, t_2) \dots f_i(t_i, t_1, t_2, \dots, t_{i-1}) \bar{F}_{i+1}(t, t_1, \dots, t_i) \dots \bar{F}_n(t, t_1, \dots, t_i) dt_1 \dots dt_i \quad (6)$$

Здесь и далее используются следующие обозначения:

$f_1(t)$  – плотность распределения времени безотказной работы первого элемента;

$f_2(t, t_1)$  – плотность распределения времени безотказной работы второго элемента, если в момент  $t_1$  произошел отказ первого элемента. В момент  $t_1$  на элементы с номерами  $2, 3, \dots, n$  изменилась нагрузка.

$f_3(t, t_1, t_2)$  – плотность распределения времени безотказной работы третьего элемента, если в момент  $t_1$  произошел отказ первого, а в момент  $t_2$  – отказ второго элемента. При этом в указанные моменты времени дважды

изменилась нагрузка на элементы с номерами  $3, \dots, n$ , и т.д.;

$f_i(t, t_1, t_2, \dots, t_{i-1})$  – плотность распределения времени безотказной работы  $i$ -го элемента, если в момент  $t_1$  произошел отказ первого, в момент  $t_2$  – отказ второго элемента, ..., в момент  $t_{i-1}$  – отказ  $i-1$ -го элемента. В указанные моменты времени изменилась нагрузка на элементы с номерами  $i, \dots, n$ .

Аналогичный смысл имеют и вероятности безотказной работы  $\bar{F}_1(t)$ ,  $\bar{F}_2(t, t_1)$ ,  $\bar{F}_3(t, t_1, t_2)$ , ...,  $\bar{F}_{i+1}(t, t_1, t_2, \dots, t_i)$ , ...,  $\bar{F}_n(t, t_1, t_2, \dots, t_i)$ . Как и плотности распределения, эти вероятности также зависят от предыстории работы системы.

Заметим, что формулы (4)-(6) справедливы для любой дополнительной нагрузки на исправные элементы, вызванной отказом некоторых элементов системы. Эта дополнительная нагрузка, в частности, может вычисляться формулой (2).

Метод расчета приведенных здесь условных плотностей и вероятностей основан на результатах работы [2], в которой анализируется надежность систем с кусочно-постоянной нагрузкой вида (3). Дадим краткое описание этого метода в предположении, что увеличение нагрузки на элемент в  $k$  раз вызывает увеличение интенсивности отказа этого элемента также в  $k$  раз.

Аргумент  $t_i$  искомой функции  $\bar{F}_j(t, t_1, t_2, \dots, t_i)$  есть момент последнего отказа, после которого  $j$ -ый элемент меняет свою нагрузку со значения  $k_{i-1}$  на  $k_i$ . Поскольку  $t_i \leq t$ , то условная вероятность вычисляется через безусловную на основании равенства

$$\bar{F}_j(t, t_1, t_2, \dots, t_i) = \bar{F}_j^{k_i}(t - x_i),$$

где параметр  $x_i$  определяется рекуррентно через  $x_1, x_2, \dots, x_{i-1}$ , исходя из следующих уравнений

$$\bar{F}_j^{k_1}(t_1 - x_1) = \bar{F}_j(t_1),$$

$$\bar{F}_j^{k_2}(t_2 - x_2) = \bar{F}_j^{k_1}(t_2 - x_1),$$

...

$$\bar{F}_j^{k_i}(t_i - x_i) = \bar{F}_j^{k_{i-1}}(t_i - x_{i-1}).$$

Дифференцируя вероятность  $\bar{F}_j(t, t_1, t_2, \dots, t_i)$  по  $t$ , найдем выражение условной плотности распределения через безусловную плотность и безусловную вероятность безотказной работы  $j$ -го элемента:

$$f_j(t, t_1, t_2, \dots, t_i) = k_i \bar{F}_j^{k_i-1}(t - x_i) f_j(t - x_i).$$

Таким образом, соотношения (4)-(6) позволяют рассчитать вероятность безотказной работы мажоритарной системы с произвольными распределениями времени работы ее элементов. Основные математические трудности расчета надежности связаны с необходимостью решения алгебраических уравнений и вычисления кратных интегралов. Первая



трудность легко преодолевается, если в библиотеке вспомогательных программ предусмотреть расчет законов распределения вероятностей требуемых распределений и расчет обратных функций для вероятностей безотказной работы. Для вычисления кратных интегралов удобно использовать метод статистических испытаний, состоящий в разыгрывании на ЭВМ случайных точек  $(x_1, x_2, \dots, x_i)$  равномерно распределенных на многомерном симплексе  $x_1 + x_2 + \dots + x_i \leq t$ . Этот вопрос рассмотрен в работе [1]. Важный вопрос состоит в количестве проводимых испытаний. Он решается следующим образом. Число испытаний  $N$  принимается таким, чтобы была гарантирована требуемая точность расчетов вероятности безотказной работы  $P(t)$  системы без последствия двумя способами:

- по формуле (1),
- методом статистических испытаний для случая отсутствия дополнительной нагрузки на элементы системы при отказе других элементов, то есть когда  $k(t) \equiv 1$ .

## 2. Надежность системы с последствием для распределения Вейбулла

Если времена до отказа элементов имеют распределение Вейбулла, то описанный подход к оценке надежности мажоритарной системы с последствием упрощается. Пусть время до отказа  $i$ -го элемента подчинено распределению Вейбулла с параметрами  $\alpha_i$  и  $\beta_i$ . Тогда имеется достаточно простая зависимость между условной и безусловной вероятностями безотказной работы:

$$\bar{F}_j(t, t_1, \dots, t_i) = \bar{F}_j \left( \int_0^t k^{\frac{1}{\alpha_j}}(\tau) d\tau \right) = \bar{F}_j \left( t_1 + k_1^{\frac{1}{\alpha_j}}(t_2 - t_1) + \dots + k_i^{\frac{1}{\alpha_j}}(t - t_i) \right),$$

где нагрузка  $k(\tau)$  определяется формулой (3).

Дифференцируя последнее выражение, найдем плотность распределения времени до отказа  $j$ -го элемента при условии, что ранее произошли отказы элементов с номерами  $1, 2, \dots, i$ :

$$f_j(t, t_1, \dots, t_i) = k_i^{\frac{1}{\alpha_j}} f_j \left( t_1 + k_1^{\frac{1}{\alpha_j}}(t_2 - t_1) + \dots + k_i^{\frac{1}{\alpha_j}}(t - t_i) \right).$$

Для равнонадежных элементов получим

$$p_0(t) = \bar{F}^n(t) \tag{7}$$

и

$$P_{1,2,\dots,i}(t) = (k_1 \dots k_{i-1})^{\frac{1}{\alpha}} \times \int \dots \int_{t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_i \leq t} f(t_1) f\left(t_1 + k_1^{\frac{1}{\alpha}}(t_2 - t_1)\right) \dots f\left(t_1 + k_1^{\frac{1}{\alpha}}(t_2 - t_1) + \dots + k_{i-1}^{\frac{1}{\alpha}}(t_i - t_{i-1})\right) \times \bar{F}^{n-i}\left(t_1 + k_1^{\frac{1}{\alpha}}(t_2 - t_1) + \dots + k_i^{\frac{1}{\alpha}}(t - t_i)\right) dt_1 \dots dt_i. \quad (8)$$

Таким образом, если известно, что время до отказа элементов подчинено распределению Вейбулла, то на основе соотношений (4), (7)-(8) может быть рассчитана вероятность безотказной работы мажоритарной системы, учитывающей дополнительную нагрузку на работающие элементы в случае отказа других элементов.

На основе этого метода разработана компьютерная программа `mn.spp`, позволяющая рассчитывать надежность мажоритарных систем, как без последствия, так и при наличии последствия отказов.

### 3. Надежность системы с последствием для экспоненциального распределения

Если элементы мажоритарной системы  $m$  из  $n$  одинаковы по надежности и имеют экспоненциальные распределения вероятностей с параметром  $\lambda$ , то расчет надежности такой системы при наличии последствия отказов еще более упрощается по сравнению с формулами (4), (7)-(8). В этом случае вероятность безотказной работы системы представляется в виде

$$P_c(t) = \sum_{i=0}^m \frac{(n\lambda t)^i}{i!} e^{-n\lambda t}. \quad (9)$$

Это значит, что время до отказа системы является распределением Эрланга с параметрами  $\alpha = m + 1$  и  $\beta = \frac{1}{n\lambda}$ . Для доказательства этого утверждения обратимся к равенствам (7) и (8). Согласно первому из них

$$p_0(t) = e^{-n\lambda t}.$$

Полагая в равенстве (8)  $\alpha = 1$ , получим

$$P_{1,2,\dots,i}(t) = \lambda^i k_1 \dots k_{i-1} \int \dots \int_{t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_i \leq t} e^{-\lambda S(t,t_1,\dots,t_i)} dt_1 \dots dt_i,$$

где

$$S(t, t_1, \dots, t_i) = t_1 + (t_1 + k_1(t_2 - t_1)) + \dots + (t_1 + k_1(t_2 - t_1) + \dots + k_{i-1}(t_i - t_{i-1})) + (n-i)(t_1 + k_1(t_2 - t_1) + \dots + k_i(t - t_i)).$$

Преобразуя, получим

$$S(t, t_1, \dots, t_i) = nt_1 + (n-1)k_1(t_2 - t_1) + \dots + (n-i+1)k_{i-1}(t_i - t_{i-1}) + (n-i)k_i(t - t_i). \quad (10)$$

В силу равенств (2)

$$S(t, t_1, \dots, t_i) = nt_1 + n(t_2 - t_1) + \dots + n(t_i - t_{i-1}) + n(t - t_i) = nt.$$

Возвратимся к расчету вероятности, тогда

$$P_{1,2,\dots,i}(t) = \lambda^i \frac{n^{i-1}}{(n-1)\dots(n-i+1)} \int_{t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_i \leq t} \dots \int e^{-\lambda n t} dt_1 \dots dt_i = \lambda^i \frac{n^{i-1}}{(n-1)\dots(n-i+1)} e^{-\lambda n t} \int_{t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_i \leq t} dt_1 \dots dt_i$$

Кратный интеграл равен, очевидно, объему  $i$ -мерного симплекса с длиной ребер  $t$ , то есть он равен

$$\int_{t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_i \leq t} dt_1 \dots dt_i = \frac{t^i}{i!},$$

следовательно,

$$P_{1,2,\dots,i}(t) = \lambda^i \frac{n^{i-1} t^i}{(n-1)\dots(n-i+1) i!} e^{-\lambda n t} = \frac{(\lambda n t)^i (n-i)!}{n! i!} e^{-\lambda n t} = \frac{1}{A_n^i} \frac{(\lambda n t)^i}{i!} e^{-\lambda n t}.$$

Равенство (4) показывает, что

$$P_c(t) = e^{-n\lambda t} + \sum_{i=1}^m \frac{(\lambda n t)^i}{i!} e^{-\lambda n t},$$

откуда и следует соотношение (9).

Интересно отметить, что вероятность безотказной работы мажоритарной системы  $m$  из  $n$  с последствием, элементы которой имеют интенсивность отказов  $\lambda$  (рис.1), совпадает с вероятностью безотказной работы резервированной системы замещением (один основной и  $m$  резервных), элементы которой имеют интенсивность отказов  $n\lambda$  (рис.2).

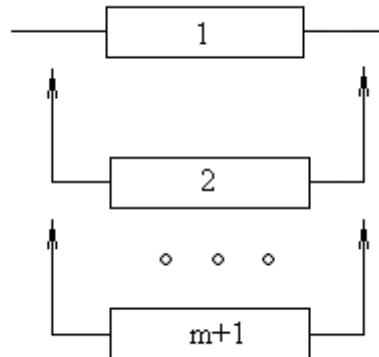


Рис. 2

Имея аналитические выражения для вероятностей безотказной работы, легко сравнить средние наработки на отказ системы без последствия  $T_1$  и с последствием  $T_{1c}$ .

По формуле (1) после некоторых преобразований получим

$$T_1 = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=0}^m \frac{1}{n-i} C_n^i \sum_{j=0}^{m-i} (-1)^j C_{n-i}^j.$$

Поскольку для распределения Эрланга математическое ожидание равно произведению параметров  $\alpha$  и  $\beta$ , то  $T_{1c} = \frac{m+1}{n\lambda}$ .

Вычисляя наработки при различных значениях  $m$  и  $n$ , можно сделать следующий вывод: с ростом общего числа элементов в системе и с увеличением количества резервных элементов средние наработки возрастают. Причем с увеличением этих параметров все более увеличивается разница в наработках. Так, например, при  $n=6$ ,  $m=5$  средние наработки равны  $T_1 = \frac{2,45}{\lambda}$ ,  $T_{1c} = \frac{1}{\lambda}$ , а при  $n=31$ ,  $m=30$  получим  $T_1 = \frac{4,03}{\lambda}$ ,  $T_{1c} = \frac{1}{\lambda}$ . Это значит, что в первом случае эффект последствия сокращает среднюю наработку системы примерно в 2,5 раза, а во втором случае – в 4 раза.

**Пример 1.** Дана система с целой кратностью резервирования, у которой  $n=2$ ,  $m=1$  (дублированная система). Элементы равнонадежны и имеют экспоненциальные распределения с интенсивностью отказов  $\lambda$ . Определить вероятность безотказной работы системы без последствия  $P(t)$  и с последствием отказов  $P_c(t)$  и сопоставить их между собой. Определить соответствующие средние наработки на отказ.

Для системы без последствия отказов имеем  $P(t) = \bar{F}^2(t) + 2F(t)\bar{F}(t)$ .

По формуле (4) получим вероятность безотказной работы системы с учетом последствия  $P_c(t) = p_0(t) + 2p_1(t)$ .

Вероятности  $p_0(t)$  и  $p_1(t)$  вычислим по формулам (5) и (6) соответственно

$$p_0(t) = \bar{F}^2(t), \quad p_1(t) = \int_0^t f(t_1)\bar{F}(t, t_1)dt_1,$$

и тогда

$$P_c(t) = \bar{F}^2(t) + 2\int_0^t f(t_1)\bar{F}(t, t_1)dt_1.$$

Для экспоненциального распределения  $\bar{F}(t) = e^{-\lambda t}$  получим

$$\bar{F}(t, t_1) = \bar{F}(t_1 + 2(t - t_1)) = e^{-\lambda(2t - t_1)},$$

следовательно, для системы без последствия

$$P(t) = e^{-2\lambda t} + 2(1 - e^{-\lambda t})e^{-\lambda t} = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}, \quad (11)$$

а для системы с последствием отказов

$$P_c(t) = e^{-2\lambda t} + 2\int_0^t \lambda e^{-\lambda t_1} e^{-\lambda(2t - t_1)} dt_1 = (1 + 2\lambda t)e^{-2\lambda t}. \quad (12)$$

Пусть  $\lambda = 0,1 \text{ час}^{-1}$ . Графическая иллюстрация вероятности безотказной работы дублированной системы без последствия и при наличии последствия, рассчитанные по формулам (11) и (12), приведена на рис.3.

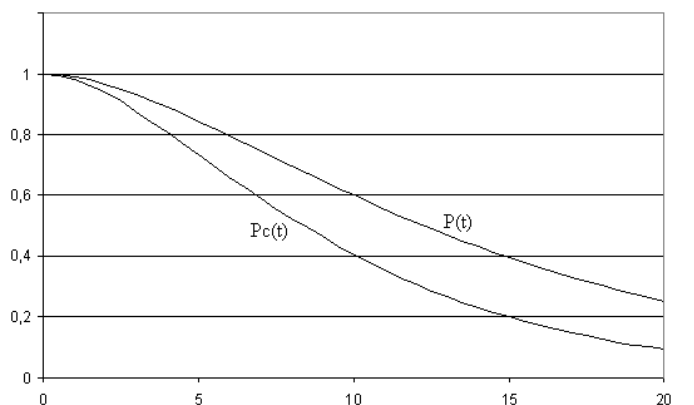


Рис.3

Из графиков следует, что последствие отказов значительно уменьшает время безотказной работы системы. Максимальная абсолютная погрешность наблюдается при  $t=12,5$  час и составляет 0,2. Относительная погрешность растет с течением времени. Так при  $t=20$  час. она равна более 63%.

Средняя наработка на отказ без последствия равна

$$T_1 = \int_0^{\infty} (2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}) dt = \frac{2}{\lambda} - \frac{1}{2\lambda} = \frac{3}{2\lambda}.$$

Средняя наработка на отказ с учетом последствия равна

$$T_{1c} = \int_0^{\infty} (1 + 2\lambda t) e^{-2\lambda t} dt = \frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{2\lambda} = \frac{1}{\lambda}.$$

Как видим,  $T_1$  больше  $T_{1c}$  в 1,5 раза.

В этом примере расчеты проведены вручную. Однако, это возможно только в простейших ситуациях. В общем случае для оценки надежности систем требуется использование программных средств.

#### 4. Применение программы оценки надежности мажоритарной системы

Алгоритм расчета надежности мажоритарной системы с последствием для распределения Вейбулла в соответствии с формулами (4), (7), (8) проще общего случая. Однако, и здесь не обойтись без применения компьютерных технологий.

**Пример 2.** Система с дробной кратностью резервирования имеет параметры:  $n=8$ ,  $m=6$  (система состоит из 8 элементов, из которых 6 резервных). Элементы системы имеют одинаковую надежность. Время до отказа подчинено распределению Вейбулла с математическим ожиданием 15 час. и средним квадратическим отклонением 3 час. Требуется определить  $P(t)$  и  $P_c(t)$  и сопоставить их между собой.

Для расчета вероятности безотказной работы системы с последствием отказов  $P_c(t)$  и системы без последствия  $P(t)$  будем использовать программу mn.crr. Результаты вычислений сведены в табл.1.

Таблица 1

| $t$ | $P$ | $F$ | $t$ | $P$   | $F$   |
|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| 0   | 1   | 1   | 0,5 | 1     | 1     |
| ,5  | 1   | 1   | 1   | 1     | 1     |
| 1   | 1   | 1   | 1,5 | 1     | 1     |
| ,5  | 1   | 1   | 2   | 1     | 1     |
| 2   | 1   | 1   | 2,5 | ,9999 | 1     |
| ,5  | 1   | 1   | 3   | ,9997 | ,9974 |
| 3   | 1   | 1   | 3,5 | ,9989 | ,9951 |
| ,5  | 1   | 1   | 4   | ,9965 | ,9884 |
| 4   | 1   | 1   | 4,5 | ,9902 | ,9788 |
| ,5  | 1   | 1   | 5   | ,9752 | ,9394 |
| 5   | 1   | 1   | 5,5 | ,9442 | ,867  |
| ,5  | 1   | 1   | 6   | ,8876 | ,779  |
| 6   | 1   | 1   | 6,5 | ,7974 | ,6455 |
| ,5  | 1   | 1   | 7   | ,6726 | ,4788 |
| 7   | 1   | 1   | 7,5 | ,5234 | ,311  |
| ,5  | 1   | 1   | 8   | ,3697 | ,1731 |
| 8   | 1   | 1   | 8,5 | ,2339 | ,0838 |
| ,5  | 1   | 1   | 9   | ,131  | ,033  |
| 9   | 1   | 1   | 9,5 | ,0645 | ,0106 |
| ,5  | 1   | 1   | 0   | ,0277 | ,0027 |
| 0   | 1   | 1   |     |       |       |

Для вычисления кратных интегралов методом статистических испытаний проведено  $N = 300\,000$  машинных реализаций. Количество

реализаций взято таким, чтобы значения  $P(t)$ , вычисленные по точной формуле (1), совпали со значениями  $P_c(t)$ , вычисленными по алгоритму (4)-(6), когда нагрузка тождественно равна единице.

Графики функций  $P(t)$  и  $P_c(t)$  представлены на рис.4. Из рисунка видно отличие этих графиков. Например, в момент времени 17 час. вероятность безотказной работы мажоритарной системы без учета последействия равна 67%, а фактически с учетом последействия она составляет менее 48%. Такие ошибки являются абсолютно недопустимыми при расчете надежности. Они свидетельствуют о необходимости учета условий эксплуатации системы, в частности, учета последействия отказов.

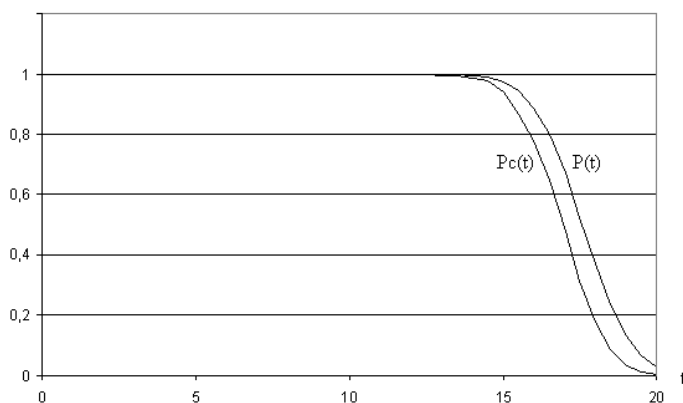


Рис.4

Средняя наработка на отказ без последействия равна  $T_1 = 17,6$  час.  
Средняя наработка на отказ с учетом последействия равна  $T_{1c} = 16,9$  час.

### 5. Сочетание структурного и нагрузочного резервирования

Если условия функционирования системы с течением времени облегчаются, то надежность системы должна возрасти. Это может происходить, например, при уменьшении интенсивности отказов элементов, когда имеет место нагрузочное резервирование. Указанный вид резервирования заранее предусматривает возможность работы системы при повышенных нагрузках. Физически нагрузочное резервирование реализуется путем облегчения режимов работы элементов [1]. Однако, как и структурное резервирование, оно неизбежно сопровождается увеличением объемов оборудования.

Мажоритарная система является структурно резервированной. Рассмотрим ее работу при условии, как уменьшения, так и увеличения нагрузки на ее элементы. В первом случае коэффициенты нагрузки  $k_i$  меньше единицы (нагрузочное резервирование), а во-втором, коэффициенты нагрузки больше единицы.

Если законы распределения времени до отказа элементов экспоненциальные, то можно получить достаточно простые аналитические

выражения для характеристик надежности системы с равнонадежными элементами, не требующие сложных математических вычислений.

Получим сначала формулу для вычисления кратного интеграла

$$p_i(t) = \int_{t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_i \leq t} \dots \int e^{-(c_1 t_1 + c_2 t_2 + \dots + c_i t_i)} dt_1 \dots dt_i, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Очевидно, имеет место рекуррентное соотношение

$$p_i(t) = \int_0^t e^{-c_i t_i} p_{i-1}(t_i) dt_i. \quad (13)$$

В преобразовании Лапласа соотношение (13) принимает вид

$$\hat{p}_i(z) = \frac{1}{z} \hat{p}_{i-1}(z + c_i).$$

Используя аналогичное равенство для функции  $\hat{p}_{i-1}$ , получим

$$\hat{p}_i(z) = \frac{1}{z(z + c_i)} \hat{p}_{i-2}(z + c_i + c_{i-1}).$$

Последовательно повторяя эту процедуру, получим изображение кратного интеграла  $p_i(t)$  в виде рациональной дроби:

$$\hat{p}_i(z) = \frac{1}{z(z + c_i)(z + c_i + c_{i-1}) \dots (z + c_i + c_{i-1} + \dots + c_1)}. \quad (14)$$

Предположим, что все корни знаменателя простые. Это значит, что должна быть отлична от нуля любая последовательная сумма коэффициентов  $c_j$ , а именно,

$$c_{j_1+1} + \dots + c_{j_2} \neq 0, \quad \text{при } 0 \leq j_1 < j_2 \leq i. \quad (15)$$

Тогда, как известно, функция (14) представляется суммой простейших дробей

$$\hat{p}_i(z) = \frac{a_0^{(i)}}{z} + \frac{a_i^{(i)}}{z + c_i} + \frac{a_{i-1}^{(i)}}{z + c_i + c_{i-1}} + \dots + \frac{a_1^{(i)}}{z + c_i + c_{i-1} + \dots + c_1},$$

у которых коэффициенты выражаются формулами

$$a_0^{(i)} = \lim_{z \rightarrow 0} z \hat{p}_i(z)$$

и

$$a_j^{(i)} = \lim_{z \rightarrow -(c_i + \dots + c_j)} (z + c_i + \dots + c_j) \hat{p}_i(z), \quad j = 1, 2, \dots, i.$$

Применяя обратное преобразование Лапласа, получим простое выражение кратного интеграла

$$p_i(t) = a_0^{(i)} + a_i^{(i)} e^{-c_i t} + a_{i-1}^{(i)} e^{-(c_i + c_{i-1})t} + \dots + a_1^{(i)} e^{-(c_i + c_{i-1} + \dots + c_1)t}. \quad (16)$$

Получим теперь способ вычисления вероятностей  $p_{1,2,\dots,i}(t)$  в случае произвольных коэффициентов нагрузки  $k_i$ . В силу (10)

$$S(t, t_1, \dots, t_i) = (n - (n-1)k_1)t_1 + ((n-1)k_1 - (n-2)k_2)t_2 + \dots + ((n-i+1)k_{i-1} - (n-i)k_i)t_i + (n-i)k_i t$$

,

или



$$S(t, t_1, \dots, t_i) = \sum_{j=1}^i \left( (n-j+1)k_{j-1} - (n-j)k_j \right) t_j + (n-i)k_i t.$$

Тогда

$$S(t, t_1, \dots, t_i) = \sum_{j=1}^i c_j t_j + c_0 t -$$

линейная функция с коэффициентами  $c_j = (n-j+1)k_{j-1} - (n-j)k_j$  и  $c_0 = (n-i)k_i$ .

Предположим, что эти  $c_j$  удовлетворяют неравенствам (15), то есть

$$c_{j_1+1} + \dots + c_{j_2} = (n-j_1)k_{j_1} - (n-j_2)k_{j_2} \neq 0.$$

Это означает, что разложение вероятностей  $p_i(t)$  в виде (16) можно использовать только в случае, когда нагрузочные коэффициенты связаны между собой соотношениями

$$\frac{k_{j_2}}{k_{j_1}} \neq \frac{n-j_1}{n-j_2}.$$

Так как

$$p_{1,2,\dots,i}(t) = \lambda^i k_1 \dots k_{i-1} \int \dots \int_{t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_i \leq t} e^{-\lambda S(t, t_1, \dots, t_i)} dt_1 \dots dt_i,$$

то в силу (16) получим

$$p_{1,2,\dots,i}(t) = k_1 \dots k_{i-1} e^{-\lambda c_0 t} \left( a_0^{(i)} + \sum_{j=1}^i a_j^{(i)} e^{-\lambda(c_1 + \dots + c_{i-j+1})t} \right).$$

Отсюда и из (4) будем иметь окончательное выражение для вычисления вероятности безотказной работы системы с последствием:

$$P_c(t) = e^{-\lambda n t} + \sum_{i=1}^m A_n^i k_1 \dots k_{i-1} e^{-\lambda c_0 t} \left( a_0^{(i)} + \sum_{j=1}^i a_j^{(i)} e^{-\lambda(c_1 + \dots + c_{i-j+1})t} \right). \quad (17)$$

Этой формулой можно пользоваться для расчета надежности систем при любых нагрузках, которые могут быть как выше, так и ниже обычных нагрузок, за исключением лишь некоторых частных случаев, оговоренных выше. Исключение составляет, например, случай нагрузки вида (2), однако, он уже был рассмотрен ранее, когда вероятность безотказной работы системы выражается формулой (9).

На основе (17) найдем наработку на отказ мажоритарной системы с нагрузкой:

$$T_{1c} = \frac{1}{n\lambda} + \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^m A_n^i k_1 \dots k_{i-1} \left( \frac{a_0^{(i)}}{c_0} + \sum_{j=1}^i \frac{a_j^{(i)}}{c_0 + c_1 + \dots + c_{i-j+1}} \right). \quad (18)$$

Формулы (17) и (18) лежат в основе программы mpehr.spp, позволяющей проводить расчеты характеристик надежности мажоритарной системы с последствием, элементы которой равнонадежны и имеют экспоненциальные законы распределения времени до отказа. В частности, она может быть использована для оценки надежности системы при нагрузочном резервировании.

**Пример 3.** Рассматривается мажоритарная система из  $n = 8$

элементов, у которой  $m=6$  резервных элементов. Все элементы равнонадежны и имеют экспоненциальные распределения с интенсивностью отказов  $\lambda = 0,1 \text{ час}^{-1}$ . Система может работать в двух режимах:

- после отказа  $i$  элементов нагрузка на исправные элементы становится равной  $\frac{n}{n-i}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ;
- после первого отказа нагрузка на исправные элементы уменьшается на 20% и становится равной 0,8 (нагрузочный резерв).

Определить характеристики надежности системы без последствия отказов  $P(t)$  и с последствием отказов  $P_c(t)$  при увеличении и уменьшении нагрузки.

В табл. 2 приведены результаты работы программы mpxr.cpp. В первой колонке содержится текущее время, во второй – вероятность безотказной работы системы в обычном режиме, когда последствие отказов отсутствует. Третья и четвертая колонка содержат значения вероятности безотказной работы системы при повышенной ( $k > 1$ ) и при пониженной нагрузке ( $k < 1$ ) соответственно.

Т а б л и ц а 2

| $t$ | $P(t)$ | $P_c(t), k > 1$ | $P_c(t), k < 1$ | $t$  | $P(t)$ | $P_c(t), k > 1$ | $P_c(t), k < 1$ |
|-----|--------|-----------------|-----------------|------|--------|-----------------|-----------------|
| 0   | 1      | 1               | 1               | 10,5 | 0,8308 | 0,267           | 0,9164          |
| 0,5 | 1      | 1               | 1               | 11   | 0,8041 | 0,2256          | 0,9007          |
| 1   | 1      | 1               | 1               | 11,5 | 0,7762 | 0,1892          | 0,8837          |
| 1,5 | 1      | 0,9997          | 1               | 12   | 0,7471 | 0,1574          | 0,8653          |
| 2   | 1      | 0,9987          | 1               | 12,5 | 0,7171 | 0,1301          | 0,8458          |
| 2,5 | 0,9998 | 0,9955          | 0,9999          | 13   | 0,6865 | 0,1069          | 0,8251          |
| 3   | 0,9995 | 0,9884          | 0,9998          | 13,5 | 0,6555 | 0,0872          | 0,8034          |
| 3,5 | 0,9988 | 0,9756          | 0,9996          | 14   | 0,6244 | 0,0708          | 0,7808          |
| 4   | 0,9976 | 0,9554          | 0,9992          | 14,5 | 0,5933 | 0,0571          | 0,7575          |
| 4,5 | 0,9955 | 0,9267          | 0,9984          | 15   | 0,5625 | 0,0458          | 0,7336          |
| 5   | 0,9923 | 0,8893          | 0,9972          | 15,5 | 0,5321 | 0,0366          | 0,7092          |
| 5,5 | 0,9878 | 0,8436          | 0,9954          | 16   | 0,5022 | 0,0291          | 0,6844          |
| 6   | 0,9816 | 0,7908          | 0,9929          | 16,5 | 0,4731 | 0,023           | 0,6594          |
| 6,5 | 0,9735 | 0,7324          | 0,9895          | 17   | 0,4448 | 0,0181          | 0,6343          |
| 7   | 0,9633 | 0,6703          | 0,985           | 17,5 | 0,4174 | 0,0142          | 0,6092          |
| 7,5 | 0,951  | 0,6063          | 0,9794          | 18   | 0,391  | 0,0111          | 0,5842          |
| 8   | 0,9363 | 0,5423          | 0,9725          | 18,5 | 0,3657 | 0,0087          | 0,5594          |
| 8,5 | 0,9195 | 0,4799          | 0,9642          | 19   | 0,3415 | 0,0067          | 0,5349          |
| 9   | 0,9003 | 0,4204          | 0,9545          | 19,5 | 0,3183 | 0,0052          | 0,5108          |
| 9,5 | 0,8791 | 0,3646          | 0,9433          | 20   | 0,2963 | 0,004           | 0,4871          |
| 10  | 0,8558 | 0,3134          | 0,9306          |      |        |                 |                 |

Графики вероятностей из табл.2 представлены на рис.5.

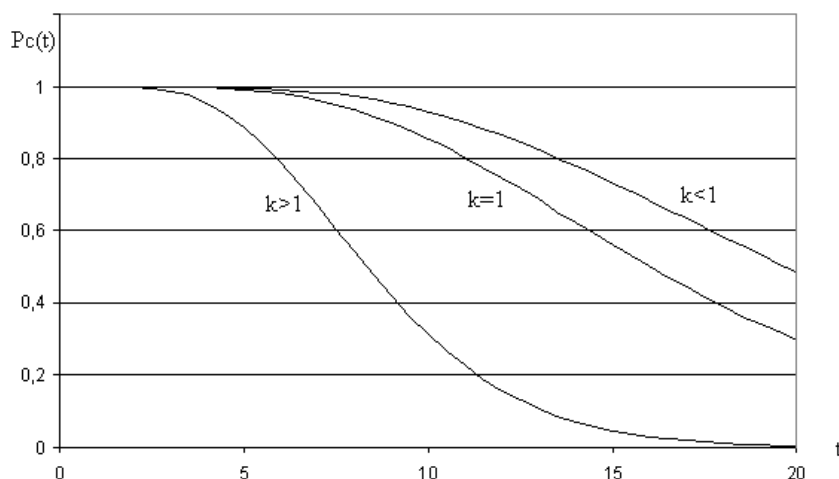


Рис. 5

Рассмотренный пример является образцом того, как сильно влияет изменение нагрузки на надежность мажоритарной системы. Об этом же свидетельствуют и значения средних наработок на отказ.

Средняя наработка на отказ системы без последствия равна  $T_1 = 17,18$  час. Средняя наработка на отказ с учетом последствия равна  $T_{1c} = 8,75$  час. при  $k > 1$ , и  $T_{1c} = 21,16$  час. при  $k < 1$ .

В результате проведенного анализа можно сделать важное заключение: все расчеты характеристик надежности систем традиционными методами, которые не учитывают изменение нагрузки на ее элементы, в принципе ошибочны. Величина отклонения теоретических от реальных значений характеристик надежности может быть очень высокой. Чтобы избежать столь больших ошибок при расчете надежности, необходим оперативный учет реальных условий функционирования систем.

### Библиографический список

1. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2006, 560 с.
2. Gurov S.V., Utkin L.V. Load - share reliability models with the piecewise constant load, Int. J. Reliability and Safety.

**И. В. Панфилов**, доктор технических наук, профессор  
**Е. И. Панфилова**, кандидат экономических наук, доцент

### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛУЖБЫ БЕЗОПАСНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

**Организационная структура службы безопасности компьютерной сети предприятия.** Из анализа отечественных и зарубежных источни-

ков следует, что универсального способа или методики выбора структуры службы безопасности до настоящего времени нет, хотя практическая потребность в этом очевидна. Это положение обусловлено следующими обстоятельствами:

- не существует общепринятой методики оценки средств защиты;
- нет процедуры оценки ущерба от несанкционированного доступа (НСД);
- неизвестны вероятные пути проникновения нарушителя в компьютерные сети (КС);
- трудность оценки взаимодействия и сплоченности обслуживающего персонала КС (пользователей сети предприятия) и др.

Представить универсальную структуру службы безопасности КС очень сложно, так как на нее влияет ряд факторов, связанных с функционированием конкретной КС. Однако можно отметить типовые направления деятельности служб безопасности:

- юридическая безопасность, под которой понимается юридическое оформление прав, порядка и условий деятельности;
- физическая безопасность субъектов предпринимательской деятельности. В качестве объектов рассматриваются: вид предпринимательской деятельности; ресурсы - финансовые, материальные, информационные.
- информационная безопасность - защита информационных ресурсов;
- безопасность людей, персонала, вопросы личной безопасности сотрудников КС (предприятия).

Перечисленные направления определяют характерные структурные подразделения в составе служб безопасности, функции и задачи этих подразделений.

В состав структуры службы безопасности должны входить следующие группы [1,2]:

- группа режима - решает задачи информационной безопасности, занимается детективной деятельностью, аналитической работой;
- группа управления персоналом - подбирает, оценивает, принимает людей на работу, обучает, изучает и организует организационно-административные мероприятия по защите информации, анализирует групповую деятельность обслуживающего персонала, занимается подбором кандидатов на вакантные должности;
- группа охраны и сопровождения обеспечивает физическую охрану объекта и его помещений, выявляет, локализует и устраняет угрозы безопасности объекта;
- техническая группа - участвует в обеспечении безопасности деятельности объекта с использованием технических средств защиты: систем сигнализации, наблюдения и связи, взаимодействует с группой охраны;
- детективная группа - разрабатывает и проводит специальные мероприятия по изучению отдельных лиц из числа персонала объекта, посе-

тителей и клиентов фирмы, жителей близлежащей территории, в действиях которых содержатся угрозы безопасности объекта;

- дежурная группа - фиксирует и анализирует сигналы о нарушении систем безопасности, ведает группой быстрого обнаружения, реагирования и противодействия нарушению.

**Модель распределения поисковых усилий служб безопасности по обнаружению и противодействию нападению на объект.** Одной из важных задач службы безопасности является разработка возможных вариантов обнаружения и противодействия криминальному нападению.

Пусть на предприятии (КС) возможны  $n$  путей нападения криминальной группы (злоумышленника). Для выявления этой криминальной группы в составе службы безопасности предусмотрено специальное подразделение, которое может формироваться из состава вышеуказанных групп, состоящее из  $L$  человек, оснащенных специальными средствами. Численность спецподразделения делится на  $l$  подгрупп, равное числу возможных путей проникновения криминальной группы, т.е.  $l=n$ . Тогда численность подгруппы будет равна:

$$l = \frac{L}{n}$$

Для случаев возможного нападения на объект  $l$  служба безопасности должна разработать варианты распределения подгрупп по путям возможного проникновения криминальной подгруппы.

Вероятность обнаружения криминальной группы  $i$ -го пути зависит от многих условий. Допустим, что обнаружение каждой подгруппой службы безопасности действия противника - независимые события.

Вероятность  $P$  обнаружения криминальной группы в  $i$ -ом пути несколькими подгруппами можно определить по формуле

$$P = 1 - (1 - \omega_i)^{l_i} \quad (i=1, n) \quad (1)$$

где  $l_i$  - число групп службы безопасности, действующих в  $i$ -м пути;  
 $\omega_i$  - вероятность обнаружения криминальной группы одной подгруппой службы безопасности.

Математическая модель распределения поисковых подгрупп службы безопасности и выбор пути возможного действия криминальной группы является антагонистической игрой, которую можно задать матрицей выигрышей

$$H = \begin{vmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1n} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_{m1} & h_{m2} & \dots & h_{mn} \end{vmatrix}$$

где  $m$ - число стратегий службы безопасности;  $n$  - число стратегий криминальной группы;  $h_{ij}$ - выигрыш в ситуации  $(i,j)$ .

Число стратегий службы безопасности равно числу сочетаний из  $(n+1-1)$  элементов по 1 элементу, то есть

$$m = C'_{n+1} = \frac{(n+1-1)!}{l!(n-1)!} \quad (2)$$

При применении игровых моделей необходимо наличие следующих параметров:

- затраты предприятия на защиту от  $j$ -й угрозы,
- ущерб от реализации  $j$ -й угрозы.

Определяется матрица выигрышей при наличии которой составляется система нелинейных уравнений. Решение этих систем уравнений дает вероятности (частоты) стратегий игроков.

Если вероятности обнаружения криминальной группы одной подгруппой известны, то задачу распределения поисковых подгрупп можно решить, используя теорию статистических решений.

**Метод определения возможных стратегий службой безопасности и вероятностей обнаружения криминальной группы одной подгруппой.** Рассмотрим метод распределения поисковых подгрупп и вероятностей обнаружения криминальной подгруппы, используя концептуальную модель охранной системы защиты [3] :

- матрицу смежности (табл. 1),
- таблицу оценки прочности путей (табл.2)

Т а б л и ц а 1

Матрица смежности Q

|                 | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A  | A  | A  | A  | B |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|---|
|                 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |   |
| S <sub>1</sub>  | 1 | 1 | 1 |   |   |   |   | 1 |   |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>2</sub>  | 1 |   | 1 |   |   |   |   | 1 |   |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>3</sub>  | 1 |   | 1 |   |   | 1 |   |   |   |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>4</sub>  | 1 |   | 1 | 1 |   |   |   | 1 |   |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>5</sub>  | 1 | 1 | 1 | 1 |   |   |   | 1 |   |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>6</sub>  | 1 | 1 | 1 | 1 |   |   |   |   | 1 |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>7</sub>  | 1 |   | 1 | 1 |   |   |   |   | 1 |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>8</sub>  | 1 | 1 | 1 |   | 1 |   |   |   | 1 |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>9</sub>  | 1 |   | 1 |   | 1 |   |   |   | 1 |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>10</sub> | 1 | 1 | 1 |   |   |   |   |   |   |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>11</sub> | 1 |   | 1 |   |   |   |   |   |   |    | 1  |    |    | 1 |
| S <sub>12</sub> | 1 | 1 | 1 |   |   |   |   |   |   | 1  |    | 1  |    | 1 |

|                 |   |   |   |  |  |   |   |  |  |   |  |   |   |   |
|-----------------|---|---|---|--|--|---|---|--|--|---|--|---|---|---|
| S <sub>13</sub> | 1 | 1 |   |  |  |   |   |  |  | 1 |  | 1 |   | 1 |
| S <sub>14</sub> | 1 | 1 | 1 |  |  | 1 |   |  |  | 1 |  | 1 |   | 1 |
| S <sub>15</sub> | 1 |   | 1 |  |  | 1 |   |  |  | 1 |  | 1 |   | 1 |
| S <sub>16</sub> | 1 |   |   |  |  | 1 |   |  |  | 1 |  | 1 |   | 1 |
| S <sub>17</sub> | 1 | 1 | 1 |  |  |   |   |  |  | 1 |  |   | 1 | 1 |
| S <sub>18</sub> | 1 |   | 1 |  |  |   |   |  |  | 1 |  |   | 1 | 1 |
| S <sub>19</sub> | 1 | 1 | 1 |  |  | 1 |   |  |  | 1 |  |   | 1 | 1 |
| S <sub>20</sub> | 1 |   | 1 |  |  | 1 |   |  |  | 1 |  |   | 1 | 1 |
| S <sub>21</sub> | 1 |   |   |  |  | 1 |   |  |  | 1 |  |   | 1 | 1 |
| S <sub>22</sub> | 1 | 1 | 1 |  |  |   | 1 |  |  |   |  |   | 1 | 1 |
| S <sub>23</sub> | 1 |   | 1 |  |  |   | 1 |  |  |   |  |   | 1 | 1 |

S<sub>j</sub> - возможные пути проникновения противника в КС,  
A<sub>j</sub> - объекты защиты.

Т а б л и ц а 2

Таблица оценки прочности путей

|                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| S <sub>i</sub>  | S <sub>1</sub>  | S <sub>2</sub>  | S <sub>3</sub>  | S <sub>4</sub>  | S <sub>5</sub>  | S <sub>6</sub>  | S <sub>7</sub>  | S <sub>8</sub>  | S <sub>9</sub>  | S <sub>10</sub> | S <sub>11</sub> | S <sub>12</sub> |
| P <sub>Si</sub> | 0.58            | 0.5             | 0.85            | 0.66            | 0.62            | 0.66            | 0.65            | 0.86            | 0.84            | 0.29            | 0.22            | 0.64            |
| S <sub>i</sub>  | S <sub>13</sub> | S <sub>14</sub> | S <sub>15</sub> | S <sub>16</sub> | S <sub>17</sub> | S <sub>18</sub> | S <sub>19</sub> | S <sub>20</sub> | S <sub>21</sub> | S <sub>22</sub> | S <sub>23</sub> |                 |
| P <sub>Si</sub> | 0.59            | 0,7             | 0,69            | 0,6             | 0.61            | 0.57            | 0.71            | 0.68            | 0.58            | 0.89            | 0.87            |                 |

Проанализировав строки табл. 1, находим, что строки S<sub>5</sub>, S<sub>6</sub>, S<sub>8</sub>, S<sub>12</sub>, S<sub>14</sub>, S<sub>22</sub> являются поглощающими, а из них S<sub>6</sub>, S<sub>8</sub>, S<sub>12</sub>, S<sub>22</sub> являются «доминирующими». После исключения из табл. 1 не поглощающих и не доминирующих строк, табл. 1 преобразуется в табл. 3, в правых столбцах которой приведены частотные пути P<sub>si</sub> и их нормированные значения  $\bar{P}_{si}$ , на основе матрицы табл. 2.

Т а б л и ц а 3

|                 |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |   |      |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|------|----------------|
| A <sub>i</sub>  | A <sub>i</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> | A <sub>5</sub> | A <sub>6</sub> | A <sub>7</sub> | A <sub>8</sub> | A <sub>9</sub> | A <sub>10</sub> | A <sub>11</sub> | A <sub>12</sub> | A <sub>13</sub> | B | Psi  | $\bar{P}_{si}$ |
| S <sub>6</sub>  | 1              | 1              | 1              | 1              |                |                |                |                | 1              |                 | 1               |                 |                 | 1 | 0,66 | 0,216          |
| S <sub>8</sub>  | 1              | 1              | 1              |                | 1              |                |                |                | 1              |                 |                 | 1               |                 |   | 0,86 | 0,282          |
| S <sub>12</sub> | 1              | 1              | 1              |                |                |                |                |                |                | 1               |                 | 1               |                 |   | 0,64 | 0,21           |
| S <sub>22</sub> | 1              | 1              | 1              |                |                |                | 1              |                |                |                 |                 |                 | 1               | 1 | 0,89 | 0,292          |

Вероятность обнаружения криминальной группы одной подгруппой принимаем равной  $\bar{P}_{si}$  то есть  $\bar{P}_{s1} = 0,216$ ,  $\bar{P}_{s2} = 0,282$ ,  $\bar{P}_{s3} = 0,21$ ,  $\bar{P}_{s4} = 0,292$ , а вероятность обнаружения криминальной группы в i-ом пути l<sub>j</sub> подгруппами определяется выражением

$$P_i = 1 - (1 - \bar{P}_{si})^{l_i}, i=1,4$$

Результаты распределения поисковых подгрупп для значимых стратегий службы безопасности приведены в табл. 4 выигрышей.

Т а б л и ц а 4

Выигрыш службы безопасности предприятия

| Стратегия службы безопасности | Стратегия криминальной группы |       |       |       | $\acute{\alpha}_i$ |
|-------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|
|                               | $B_1$                         | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ |                    |
| $A_1 (4,0,0,0)$               | 0,612                         | 0     | 0     | 0     | 0                  |
| $A_2 (0,4,0,0)$               | 0                             | 0,734 | 0     | 0     | 0                  |
| $A_3 (0,0,4,0)$               | 0                             | 0     | 0,610 | 0     | 0                  |
| $A_4 (0,0,0,4)$               | 0                             | 0     | 0     | 0,748 | 0                  |
| $A_5 (3,1,0,0)$               | 0,518                         | 0,282 | 0     | 0     | 0                  |
| $A_6 (0,3,1,0)$               | 0                             | 0,629 | 0,210 | 0     | 0                  |
| $A_7 (0,0,3,1)$               | 0                             | 0     | 0,506 | 0,292 | 0                  |
| $A_8 (0,1,3,0)$               | 0                             | 0,282 | 0,506 | 0     | 0                  |
| $A_9 (2,2,0,0)$               | 0,385                         | 0,484 | 0     | 0     | 0                  |
| $A_{10} (0,2,2,0)$            | 0                             | 0,484 | 0,375 | 0     | 0                  |
| $A_{11} (0,0,2,2)$            | 0                             | 0     | 0,375 | 0,498 | 0                  |
| $A_{12} (2,0,2,0)$            | 0,385                         | 0     | 0,375 | 0     | 0                  |
| $A_{13} (2,0,0,2)$            | 0,385                         | 0     | 0     | 0,498 | 0                  |
| $A_{14} (3,0,1,0)$            | 0,518                         | 0     | 0,210 | 0     | 0                  |
| $A_{15} (3,0,0,1)$            | 0,518                         | 0     | 0     | 0,292 | 0                  |
| $A_{16} (0,0,1,3)$            | 0                             | 0     | 0,210 | 0,645 | 0                  |
| $A_{17} (0,1,0,3)$            | 0                             | 0,282 | 0     | 0,645 | 0                  |
| $A_{18} (1,0,0,3)$            | 0,216                         | 0     | 0     | 0,645 | 0                  |
| $A_{19} (1,1,1,1)$            | 0,216                         | 0,282 | 0,210 | 0,292 | 0,21               |
| $\beta_j$                     | 0,612                         | 0,734 | 0,610 | 0,748 |                    |

Для выбора оптимальной стратегии службой безопасности воспользуемся критериями Вальда, Сэвиджа и Гурвица.

Критерий Вальда. Подсчитаем минимумы  $\acute{\alpha}_i$  табл. 4 по строкам и выберем ту стратегию, при которой минимум строки максимален. Максимальное значение  $\acute{\alpha}_i$  имеет строка 19. Это - оптимальная стратегия  $A_{19}$ .

Критерий Сэвиджа. Для этого от матрицы выигрышей табл. 4 перейдем к матрице рисков табл. 5, в правом дополнительном столбце запишем максимальное значение в строке значение риска  $\gamma_i$  чтобы получить риск  $r_{ij}$  нужно из  $\beta_j$  вычесть фактический выигрыш  $a_{ij}$ :

$$r_{ij} = \beta_j - a_{ij}$$

Т а б л и ц а 5

| A / $B_j$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ | $\gamma_i$ |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------------|
|-----------|-------|-------|-------|-------|------------|



|                 |       |       |       |       |              |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| A <sub>1</sub>  | 0     | 0,734 | 0,610 | 0,748 | 0,734        |
| A <sub>2</sub>  | 0,612 | 0     | 0,610 | 0,748 | 0,748        |
| A <sub>3</sub>  | 0,612 | 0,734 | 0     | 0,748 | 0,748        |
| A <sub>4</sub>  | 0,612 | 0,734 | 0,610 | 0     | 0,734        |
| A <sub>5</sub>  | 0,094 | 0,452 | 0,610 | 0,748 | 0,748        |
| A <sub>6</sub>  | 0,612 | 0,105 | 0,4   | 0,748 | 0,748        |
| A <sub>7</sub>  | 0,612 | 0,734 | 0,104 | 0,456 | 0,612        |
| A <sub>8</sub>  | 0,612 | 0,452 | 0,104 | 0,734 | 0,734        |
| A <sub>9</sub>  | 0,227 | 0,250 | 0,610 | 0,734 | 0,734        |
| A <sub>10</sub> | 0,612 | 0,250 | 0,235 | 0,734 | 0,734        |
| A <sub>11</sub> | 0,612 | 0,734 | 0,235 | 0,250 | 0,734        |
| A <sub>12</sub> | 0,227 | 0,734 | 0,235 | 0,734 | 0,734        |
| A <sub>13</sub> | 0,227 | 0,734 | 0,610 | 0,250 | 0,734        |
| A <sub>14</sub> | 0,094 | 0,734 | 0,4   | 0,734 | 0,734        |
| A <sub>15</sub> | 0,094 | 0,734 | 0,610 | 0,456 | 0,734        |
| A <sub>16</sub> | 0,612 | 0,734 | 0,4   | 0,103 | 0,734        |
| A <sub>17</sub> | 0,612 | 0,452 | 0,610 | 0,103 | 0,612        |
| A <sub>18</sub> | 0,396 | 0,734 | 0,610 | 0,103 | 0,734        |
| A <sub>19</sub> | 0,396 | 0,452 | 0,4   | 0,456 | <b>0,456</b> |

Из чисел правого столбца минимальное значение **0,456**. Это соответствует оптимальной стратегии A<sub>19</sub>.

Критерий Гурвица. Перепишем табл. 4 с тремя дополнительными столбцами: столбец с минимум строки  $\alpha_i$ , столбец с максимум строки Zi и столбец с величиной h<sub>i</sub>.

Величину h<sub>i</sub> определим из выражения

$$h_i = \chi \alpha_i + (1 - \chi) Z_i.$$

где  $\chi$  принимаем равной **0,6**, Zi - максимальный элемент строки A<sub>i</sub> в табл. 4.

Т а б л и ц а 6

| A <sub>i</sub> /B <sub>i</sub> | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> | B <sub>4</sub> | $\alpha_i$ | Zi    | h <sub>i</sub> |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|-------|----------------|
| A <sub>1</sub>                 | 0,612          | 0              | 0              | 0              | 0          | 0,612 | 0,245          |
| A <sub>2</sub>                 | 0              | 0,734          | 0              | 0              | 0          | 0,734 | 0,295          |
| A <sub>3</sub>                 | 0              | 0              | 0,610          | 0              | 0          | 0,610 | 0,224          |
| A <sub>4</sub>                 | 0              | 0              | 0              | 0,748          | 0          | 0,748 | <b>0,3</b>     |
| A <sub>5</sub>                 | 0,518          | 0,282          | 0              | 0              | 0          | 0,518 | 0,207          |
| A <sub>6</sub>                 | 0              | 0,629          | 0,210          | 0              | 0          | 0,629 | 0,25           |
| A <sub>7</sub>                 | 0              | 0              | 0,506          | 0,292          | 0          | 0,506 | 0,202          |
| A <sub>8</sub>                 | 0              | 0,282          | 0,506          | 0              | 0          | 0,506 | 0,202          |
| A <sub>9</sub>                 | 0,358          | 0,484          | 0              | 0              | 0          | 0,484 | 0,194          |
| A <sub>10</sub>                | 0              | 0,484          | 0,375          | 0              | 0          | 0,484 | 0,194          |

|                 |       |       |       |       |      |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| A <sub>11</sub> | 0     | 0     | 0,375 | 0,498 | 0    | 0,498 | 0,199 |
| A <sub>12</sub> | 0,385 | 0     | 0,375 | 0     | 0    | 0,385 | 0,154 |
| A <sub>13</sub> | 0,385 | 0     | 0     | 0,498 | 0    | 0,498 | 0,199 |
| A <sub>14</sub> | 0,518 | 0     | 0,210 | 0     | 0    | 0,518 | 0,207 |
| A <sub>15</sub> | 0,518 | 0     | 0     | 0,292 | 0    | 0,518 | 0,207 |
| A <sub>16</sub> | 0     | 0     | 0,210 | 0,645 | 0    | 0,645 | 0,258 |
| A <sub>17</sub> | 0     | 0,282 | 0     | 0,645 | 0    | 0,645 | 0,258 |
| A <sub>18</sub> | 0,216 | 0     | 0     | 0,645 | 0    | 0,645 | 0,258 |
| A <sub>19</sub> | 0,216 | 0,282 | 0,210 | 0,292 | 0,21 | 0,292 | 0,243 |

Максимальное значение по критерию Гурвица имеет строка A<sub>4</sub>. Это стратегия A<sub>4</sub>(0,0,0,4).

Итак, по критериям Вальда и Сэвиджа оптимальная стратегия службы безопасности A<sub>19</sub>(1,1,1,1).

**Процедура действия поисковых подгрупп в процессе раскрытия компьютерных преступлений.** Процедура следственных действий - это одно из важнейших способов сбора доказательственной базы в процессе раскрытия и расследования преступлений. Причем процесс сбора доказательств совершения преступления включает в себя следующие действия: поиск и обнаружение доказательств; фиксация доказательственной информации; изъятие и обеспечение сохранности доказательств для их последующего исследования, оценки и представления и исследования в ходе судебного следствия.

### Библиографический список

1. Мельников В.В. Защита информации в компьютерных системах. - Финансы и статистика, Электроинформа, 1997. - 368 с.
2. Гусев В.С. и др. Экономика и организация безопасности хозяйствующих субъектов. Учебник - СПб.: ИД, Очарованный странник, 2001.
3. Панфилова Е.И., Панфилов И.В. Методика проектирования системы защиты информации от компьютерных преступлений/ Сб. Труды Санкт-Петербургского юридического института Генеральной прокуратуры Российской Федерации. № 3/ Науч. Ред. А.М.Дворянский. СПб., 2001. - с.287-296.

**Е. И.Панфилова**, кандидат экономических наук, доцент

### НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Вторая половина XX века ознаменована появлением нового вида преступлений – преступлений в информационной сфере. Сначала основной интерес злоумышленников при совершении преступлений в сфере компьютерной информации был направлен на получения материальной выгоды, поэтому считалось, что совершение подобных преступлений возможно только в сфере экономических отношений. Однако в последние годы стало ясно, что противоправные деяния в сфере компьютерной информации могут иметь место при совершении любого преступления. В зарубежной литературе подобные преступления принято именовать компьютерными.

Резкий рост подобных преступлений, их латентный и зачастую транснациональный характер заставляют ученых во всем мире думать о необходимости разрабатывать эффективные меры по противодействию и профилактике подобных деяний. В этой связи на ведущее место выходит проблема обеспечения информационной безопасности предприятий. Исследования показали, что при совершении наиболее громких преступлений, связанных с большими материальными потерями для фирм, как правило, имела место утечка информации. Это означает, что,

– либо сотрудник организации становился соучастником при совершении преступления и сообщал какие-либо секретные данные, помогавшие сотрудникам преодолеть коды защиты системы информационной безопасности предприятия,

– либо предприятие стало объектом хакерской атаки, а следовательно несанкционированного доступа к информации в связи с недостатками в системе безопасности.

В связи с этим остро встает проблема качественного подбора сотрудников для работы на предприятии, особенно если речь идет о работниках собственной службы безопасности.

### **Концепция управления персоналом**

Основу концепции управления персоналом организации при переходе к рыночным отношениям составляет возрастающая роль личности работника (как руководителя, так и специалиста), значение его мотивационных установок, умение формировать эти установки и направлять их в соответствии с задачами, стоящими перед организацией.

Управление персоналом в ситуации, при которой произошли серьезные изменения в экономической и политической системах, приобретает особую значимость, так как позволяет реализовать, обобщить целый спектр вопросов адаптации индивида к внешним условиям, учета личного фактора в построении системы управления.

Концепция управления персоналом в современный период должна учитывать следующее: происходит медленный отход от иерархического управления, жесткой системы административного воздействия, практиче-

ски неограниченной исполнительной власти и своеобразных социальных нормативов к рыночным взаимоотношениям.

Концепция управления персоналом в данных условиях включает:

- методологию управления персоналом в организации,
- систему управления персоналом в организации,
- организацию управления персоналом в организации.

Методология управления персоналом предполагает рассмотрение понятий и современной трактовки термина «персонал предприятия» как объекта управления, психологических аспектов поведения личности, формирования адекватного поведения индивидов по отношению к целям и задачам организации (предприятия); методов управления персоналом на предприятии (в организации).

Система управления персоналом предприятия предполагает формирование целей системы управления персоналом, построение организационной структуры. Необходим анализ соответствия существующего разделения труда в организации целям и задачам предприятия в целом, изучение степени проработанности и действенности вертикальных и горизонтальных взаимосвязей специалистов и руководителей в процессе принятия решений.

Кроме того, необходимо изучить соответствие поведения личности новым социальным нормам рыночных отношений. Поэтому необходимо проводить анализ кадровой политики предприятия, формирования кадрового потенциала предприятия, системы стабилизации коллектива, методов управления конфликтами, системы найма работников, в условиях рыночных отношений.

Организация управления персоналом предполагает разработку системы деловой оценки кадров руководителей и специалистов в соответствии с требованиями предприятия, процессов управления карьерой специалистов и трудовых отношений в организации, организацию обучения, переподготовки и повышения квалификации кадров. Такой процесс требует оценки деловых и психических качеств кандидата.

Отдельным направлением является вопрос мотивации поведения работников в процессе трудовой деятельности и их психологической устойчивости.

### **Управление персоналом пользователей компьютерной сети**

Управление персоналом начинается с приема нового сотрудника на работу. Учитывая необходимость предотвращения возможной утечки информации на предприятии, на этом этапе желательно привлечение специалиста по информационной безопасности для определения компьютерных привилегий (то есть уровень доступа к информации кандидата) в соответствии с должностью нового сотрудника и кругом его профессиональных обязанностей. Существуют два принципа, которые следует иметь в виду: разделение обязанностей и минимизация привилегий.

Принцип разделения обязанностей предписывает так распределять роли и ответственность работников, чтобы один человек не мог нарушать жизненно важный процесс предприятия. Например, надежнее поручить одному сотруднику оформление заявок на платежи, а другому – заверять эти заявки.

Принцип минимизации привилегий предписывает выделять пользователям только те права доступа, которые необходимы им для выполнения служебных обязанностей. Назначение этого принципа – позволить уменьшить ущерб случайных или умышленных некорректных действий пользователей.

Составление описания должности (должностные обязанности работника) позволяет оценить ее критичность и спланировать процедуру проверки и отбора кандидатов. Чем критичнее должность, тем тщательнее нужно проверять кандидатов: собрать о них информацию, навести справки, побеседовать с бывшими сослуживцами, начальниками и т.д. Неразумно отказываться от предварительной проверки, рискуя принять на работу человека с уголовным прошлым или с душевными болезнями.

Кандидат, прошедший отбор, должен пройти специальное обучение: следует подробно ознакомить его со служебными обязанностями, а также с нормами и процедурами информационной безопасности, чтобы меры безопасности были им усвоены до вступления в должность и до заведения его системного счета с входным именем, паролем и привилегиями.

Ликвидация системного счета пользователя в случае конфликта между сотрудником и организацией должна производиться максимально оперативно. Разумеется, если сотрудник увольняется, в первую очередь, у него нужно принять все его компьютерное хозяйство, закрыть доступ к информации и ликвидировать его системный счет.

### **Методика подбора предпочтительного кандидата на замещение вакантной должности в фирме**

В настоящее время подобного рода задача решается на основе логического и чисто умозрительного сопоставления достоинств и недостатков каждого из кандидатов. При таком методе решение может быть получено путем применения шкалы Лайкерта, которая обычно используется при социологических опросах, в виде оценок: «наиболее достоин», «достоин», «менее достоин», «наименее достоин», «недостоин». Очевидно, что при такой общей оценке задачу следует рассматривать как совершенно не структурированную и при этом, трудно рассчитывать на объективное и достоверное решение.

С целью сделать оценку специалиста более объективной попробуем структурировать задачу. Для этого следует составить краткие объективные характеристики на каждого кандидата, учитывающие соответствие его требованиям, предъявляемым к должности. Такими требованиями могут быть:

- теоретическая подготовленность (базовое образование и дополнительное профессиональное образование по профилю вакансии),
- практическая деловитость и активность (места работы за время профессиональной деятельности в соответствии с образованием и вакансией),
- организаторские и административные способности (ранее занимаемые должности),
- биографические данные.

Приведенные требования можно рассматривать как показатели, по которым в дальнейшем оценивается каждый кандидат.

Рассмотренная задача является многокритериальной и решить ее можно только при сведении всех критериев к определению комплексного показателя  $P_k$ , выражающего степень соответствия каждого кандидата вакантной должности.

Итак, допустим, имеется четыре объекта (кандидата) на вакантную должность начальника отдела фирмы, которых необходимо ранжировать по степени убывания каждого из пяти критериев с последующим определением комплексного критерия  $P_k$ .

Обозначим объекты –  $x_1, x_2, x_3, x_4$ ;

критерии –  $w_1, w_2, w_3, w_4$ ;

значимость (вес) каждого в комплексном критерии –  $\rho_1^{отн}, \rho_2^{отн}, \rho_3^{отн}, \rho_4^{отн}$ .

Первым шагом алгоритма решения задачи является составление систем сравнения объектов по каждому из критериев. Для этой цели привлекаются эксперты. Получив систему сравнений по первому критерию (теоретическая подготовка)

$$x_1 < x_2 \quad x_2 > x_3$$

$$x_1 = x_3 \quad x_2 = x_4$$

$$x_1 < x_4 \quad x_3 = x_4$$

Строим квадратную матрицу смежности (табл. 1), где знаки отношения  $>$ ,  $=$ ,  $<$  заменяем коэффициентами предпочтительности  $a_{ij}$  соответственно (для нашего случая) 1,5; 1,0; 0,5.

Т а б л и ц а 1

Матрица смежности при определении приоритетов объектов по 1-му критерию

| $i \setminus j$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $\Sigma a_{ij}$ | $P_i$ | $P_i^{отн}$ |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------------|
| $x_1$           | 1,0   | 0,5   | 1,0   | 0,5   | 3,0             | 11,25 | 0,183       |
| $x_2$           | 1,5   | 1,0   | 1,5   | 1,0   | 5,0             | 19,25 | 0,313       |
| $x_3$           | 1,0   | 0,5   | 1,0   | 1,0   | 3,0             | 13,5  | 0,220       |
| $x_4$           | 1,5   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 4,5             | 17,5  | 0,284       |
| $\Sigma$        |       |       |       |       |                 | 61,5  | 1,000       |

Используя данные табл.1 вычислим приоритеты  $P_i$  объектов,

нормируя их получим  $P_i^{отн}$ .

Алгоритм вычислений по первому критерию следующий:

- для получения приоритетов  $P_i$  каждая строка в матрице умножается на вектор-столбец  $\sum_{j=1}^n a_{ij}$ , то есть

$$P_1 = 1,0 \times 3,0 + 0,5 \times 0,5 + 1,0 \times 3,5 + 0,5 \times 4,5 = 11,25;$$

$$P_2 = 1,5 \times 3,0 + 1,0 \times 5,0 + 1,5 \times 3,5 + 1,0 \times 4,5 = 19,25;$$

$$P_3 = 1,0 \times 3,0 + 0,5 \times 0,5 + 1,0 \times 3,5 + 1,0 \times 4,5 = 13,5;$$

$$P_4 = 1,5 \times 3,0 + 1,0 \times 0,5 + 1,0 \times 3,5 + 1,0 \times 4,5 = 17,5.$$

- нормированные значения приоритетов  $P_i^{отн}$  получаем путем деления  $P_i$  на

$$\sum_{i=1}^n P_i, \text{ то есть } P_1^{отн} = \frac{11,25}{61,5} = 0,183 \quad P_3^{отн} = \frac{13,5}{61,5} = 0,220$$

$$P_2^{отн} = \frac{19,25}{61,5} = 0,313 \quad P_4^{отн} = \frac{17,5}{61,5} = 0,284$$

Полученные значения  $P_i^{отн}$  принимаем в качестве значений приоритетов при оценке объектов по первому критерию.

Аналогичным образом для каждого из объектов  $x_1, x_2, x_3, x_4$  вычисляются  $P_i^{отн}$  по остальным критериям. Полученные данные приведены в таблицах 2-5 соответственно.

Т а б л и ц а 2

Матрица смежности при определении приоритетов объектов по 2-му критерию

| $i \setminus j$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $\Sigma a_{ij}$ | $P_i$ | $P_i^{отн}$ |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------------|
| $x_1$           | 1,0   | 1,5   | 1,0   | 1,5   | 5,0             | 21,75 | 0,292       |
| $x_2$           | 1,5   | 1,0   | 1,5   | 1,5   | 5,5             | 23,5  | 0,315       |
| $x_3$           | 1,0   | 0,5   | 1,0   | 1,5   | 4,0             | 16,25 | 0,219       |
| $x_4$           | 0,5   | 1,0   | 0,5   | 1,0   | 3,0             | 13,0  | 0,174       |
| $\Sigma$        |       |       |       |       |                 | 74,5  | 1,000       |

Т а б л и ц а 3

Матрица смежности при определении приоритетов объектов по 3-ьему критерию

| $i \setminus j$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $\Sigma a_{ij}$ | $P_i$ | $P_i^{отн}$ |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------------|
| $x_1$           | 1,0   | 0,5   | 1,5   | 1,0   | 4,0             | 15,75 | 0,263       |
| $x_2$           | 1,5   | 1,0   | 0,5   | 0,5   | 3,5             | 13,5  | 0,225       |
| $x_3$           | 0,5   | 1,0   | 1,0   | 1,5   | 4,0             | 15,5  | 0,258       |
| $x_4$           | 1,0   | 1,5   | 0,5   | 1,0   | 4,0             | 15,25 | 0,254       |
| $\Sigma$        |       |       |       |       |                 | 60,0  | 1,000       |

Т а б л и ц а 4

Матрица смежности при определении приоритетов объектов по четвертому критерию

| $i \setminus j$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $\Sigma a_{ij}$ | $P_i$ | $P_i^{OTH}$ |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------------|
| $x_1$           | 1,0   | 1,0   | 0,5   | 0,5   | 3,0             | 12,0  | 0,196       |
| $x_2$           | 1,0   | 1,0   | 1,5   | 1,5   | 5,0             | 20,0  | 0,325       |
| $x_3$           | 1,5   | 0,5   | 1,0   | 1,5   | 4,5             | 16,75 | 0,272       |
| $x_4$           | 1,5   | 0,5   | 0,5   | 1,0   | 3,5             | 12,75 | 0,207       |
| $\Sigma$        |       |       |       |       |                 | 61,5  | 1,000       |

Т а б л и ц а 5  
Матрица смежности при определении приоритетов объектов  
по пятому критерию

| $i \setminus j$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $\Sigma a_{ij}$ | $P_i$ | $P_i^{OTH}$ |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------------|
| $x_1$           | 1,0   | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 2,5             | 9,25  | 0,155       |
| $x_2$           | 1,5   | 1,0   | 1,0   | 0,5   | 4,0             | 14,5  | 0,244       |
| $x_3$           | 1,5   | 1,0   | 1,0   | 0,5   | 4,0             | 14,5  | 0,244       |
| $x_4$           | 1,5   | 1,5   | 1,5   | 1,0   | 5,5             | 21,25 | 0,357       |
| $\Sigma$        |       |       |       |       |                 | 59,5  | 1,000       |

Расчет комплексного (обобщенного) критерия суммированием  $P_i^{OTH}$  для каждого из объектов  $x_i$  недопустимо, так как эти критерии имеют различную значимость (весовой коэффициент) в комплексном критерии, на основе которого принимается решение, связанное с выбором предпочтительного кандидата.

Значимость критериев определяется методом расстановки приоритетов частных критериев ( $P_i$ ). Для решения этой задачи составляется система сравнений и на ее основе строится матрица смежности (табл. 6).

Вычисленные приоритеты  $P_i^{OTH}$  принимаем за весовые коэффициенты критериев.

Т а б л и ц а 6  
Матрица смежности при определении значимости критериев

| $i \setminus j$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $\Sigma a_{ij}$ | $P_i$ | $P_i^{OTH}$ |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------------|
| $x_1$           | 1,0   | 0,5   | 1,0   | 0,5   | 3,0             | 11,25 | 0,183       |
| $x_2$           | 1,5   | 1,0   | 1,5   | 1,0   | 5,0             | 19,25 | 0,313       |
| $x_3$           | 1,0   | 0,5   | 1,0   | 1,0   | 3,0             | 13,5  | 0,220       |
| $x_4$           | 1,5   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 4,5             | 17,5  | 0,284       |
| $\Sigma$        |       |       |       |       |                 | 61,5  | 1,000       |

Комплексный приоритет для каждой  $x_i$  объекта определяется как сумма произведений относительных приоритетов на относительные приоритеты их значимостей. В таблице 7 приведены результаты расчета.



Т а б л и ц а 7  
Определение значений комплексного приоритета

| Кандидаты<br>на<br>должность | Расчет приоритетов по частным критериям   |                |                |                |                | Значения<br>комплексного<br>приоритета |
|------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
|                              | w <sub>1</sub>                            | w <sub>2</sub> | w <sub>3</sub> | w <sub>4</sub> | w <sub>5</sub> |  |
|                              | Значимость (вес) критериев P <sub>i</sub> |                |                |                |                |  |
|                              | 0,270                                     | 0,240          | 0,122          | 0,218          | 0,150          |  |
| x <sub>1</sub>               | 0,183                                     | 0,292          | 0,263          | 0,196          | 0,155          | 2179                                   |
|                              | 0,0494                                    | 0,0701         | 0,0321         | 0,0427         | 0,0236         |  |
| x <sub>2</sub>               | 0,313                                     | 0,315          | 0,225          | 0,325          | 0,244          | 2951                                   |
|                              | 0,0845                                    | 0,0756         | 0,0275         | 0,0709         | 0,0366         |  |
| x <sub>3</sub>               | 0,220                                     | 0,219          | 0,258          | 0,272          | 0,244          | 2541                                   |
|                              | 0,0594                                    | 0,0526         | 0,0315         | 0,0740         | 0,0366         |  |
| x <sub>4</sub>               | 0,284                                     | 0,174          | 0,254          | 0,207          | 0,357          | 2512                                   |
|                              | 0,0767                                    | 0,0418         | 0,0340         | 0,0451         | 0,0536         |  |

В строке таблицы 7 для каждого объекта x<sub>i</sub> проставлены два числа: верхнее – значение P<sub>i</sub><sup>отн</sup>, соответствует каждому из пяти критериев, нижнее – произведение этого числа на значимость критерия.

Алгоритм вычисления для каждого объекта x<sub>i</sub> имеет следующий вид:

$$P_k(x_1) = 10000(0,270 \times 0,183 + 0,240 \times 0,292 + 0,122 \times 0,263 + 0,218 \times 0,196 + 0,150 \times 0,155) = 2179$$

$$P_k(x_2) = 10000(0,270 \times 0,313 + 0,240 \times 0,315 + 0,122 \times 0,225 + 0,218 \times 0,325 + 0,150 \times 0,244) = 2951$$

$$P_k(x_3) = 10000(0,270 \times 0,220 + 0,240 \times 0,219 + 0,122 \times 0,258 + 0,218 \times 0,272 + 0,150 \times 0,244) = 2541$$

$$P_k(x_4) = 10000(0,270 \times 0,284 + 0,240 \times 0,174 + 0,122 \times 0,254 + 0,218 \times 0,207 + 0,150 \times 0,357) = 2512$$

Множитель 10000 принят в целях удобства операций с целыми числами.

Выполнив ранжирование объектов x<sub>i</sub> по комплексному приоритету, получим следующую последовательность предпочтительности кандидатов на замещение вакантной должности: x<sub>2</sub>; x<sub>3</sub>; x<sub>4</sub>; x<sub>1</sub>.

**Н. В. Лушкин**, кандидат технических наук, доцент

**Е. В. Царев**, магистрант

## ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ПАКЕТА MICROSOFT VISUAL STUDIO 2010

Microsoft Visual Studio — линейка продуктов компании Майкрософт, включающих интегрированную среду разработки программного обеспечения и ряд других инструментальных средств. Microsoft Visual Studio - совершенная визуальная среда быстрой разработки Windows-

приложений. Пакет позволяет разрабатывать консольные приложения, приложения с графическим интерфейсом, с поддержкой технологии Windows Forms, а также веб-сайты, веб-приложения, веб-службы как в родном коде, так и в управляемых кодах для всех платформ, поддерживаемых Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework и Microsoft Silverlight.

Visual Studio включает в себя редактор исходного кода с поддержкой технологии IntelliSense. Встроенный отладчик может работать как отладчик уровня исходного кода, так и как отладчик машинного уровня. Остальные встраиваемые инструменты включают в себя редактор форм для упрощения создания графического интерфейса приложения, веб-редактор, дизайнер классов и дизайнер схемы базы данных. Visual Studio позволяет создавать и подключать сторонние дополнения для расширения функциональности практически на каждом уровне, включая добавление поддержки систем контроля версий исходного кода (как например, Subversion и Visual SourceSafe), добавление новых наборов инструментов (например, для редактирования и визуального проектирования кода на предметно-ориентированных языках программирования или инструментов для прочих аспектов цикла разработки программного обеспечения (например, клиент Team Explorer для работы с Team Foundation Server).

Для установки был выбран пакет Visual Studio 2010 версии, как наиболее современный и функциональный. Пакет Visual Studio 2010 содержит несколько различных редакций, различающихся функционалом и возможностями решения задач. Пробную версию этого пакета (с режимом ограниченного времени работы 90 дней) можно скачать с официального сайта Microsoft.

После загрузки нужного нам пакета приступаем к установке. Пакет Visual Studio представлен в виде файла с расширением .iso. Для его чтения необходимо установить программу для эмуляции виртуальных дисков (например, VIRTUAL CD, Daemon tools или alcohol 52%). Выбираем программу alcohol 52% так как её функционала нам будет достаточно, но при этом она единственная является бесплатной. После установки программы alcohol 52% , используя диспетчер дисков, создаем виртуальный диск (потребуется перезагрузка) и в него монтируем наш диск с пакетом Visual Studio 2010.

Перед установкой необходимо обновить систему. Попытка установить Visual Studio 2010 на операционную систему Vista не удалась. Вначале пришлось установить к ней Service pack 1.

Так же рекомендуется установить набор библиотек .NET Framework, но не критично, так как если его не установить, то инсталлятор Visual Studio 2010 его установит сам. Итак, после обновления операционной системы запускаем Setup Visual Studio 2010, выбираем, какие именно программы будем устанавливать. Окно выбора программ показано на рис. 1

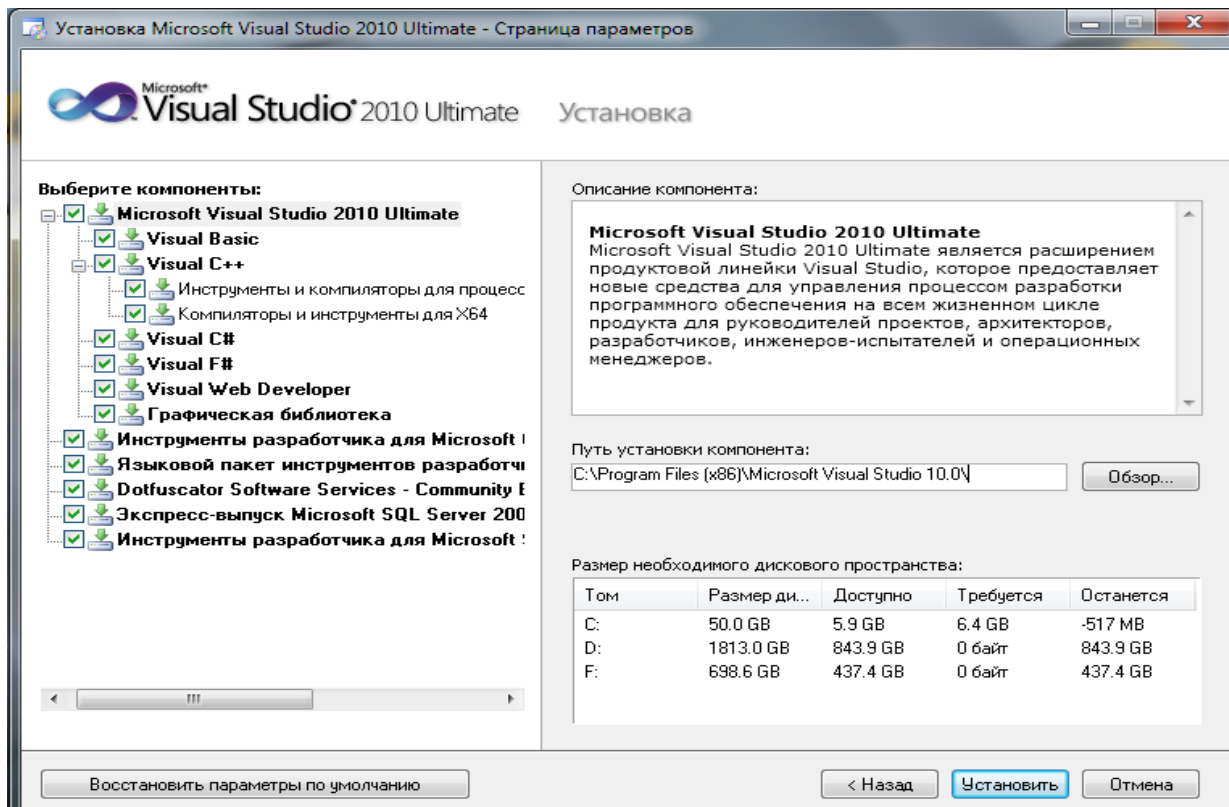


Рис 1. Окно выбора программ

В случае затруднений в окне справа содержится пояснения к компонентам установки. Выбираем нужные программы в зависимости от наших задач. Далее начинается непосредственно процесс установки пакета. Он занимает продолжительное время. Автоматически было выполнено 2 перезагрузки. В конце установки выдается сообщение с мелкими ошибками при установке, если таковые имели место быть.

Разработка в программном комплексе Microsoft Visual Studio 2010 проекта для создания и редактирования записей баз данных, используя [1]. База данных - организованная в соответствии с определенными правилами и поддерживаемая в памяти компьютера совокупность данных, характеризующая актуальное состояние некоторой предметной области и используемая для удовлетворения информационных потребностей пользователей.

Классификация по модели данных:

- Иерархическая
- Сетевая
- Реляционная
- Объектная и объектно-ориентированная
- Объектно-реляционная
- Функциональная.

OLE DB (англ. Object Linking and Embedding, Database) — набор интерфейсов, основанных на COM, которые позволяют приложениям обра-

щаться к данным, хранимым в разных источниках информации или хранилищах данных с помощью унифицированного доступа. На основе имеющихся данных сделаем процедуру создания пустой базы данных в корневом каталоге диска c:. Для этого используем следующий код [1]

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        ADOX.Catalog Каталог = new ADOX.Catalog();
        try
        {
            Каталог.Create("Provider=Microsoft.Jet." +
                "OLEDB.4.0;Data Source=C:\\vic.mdb");
            MessageBox.Show("База данных C:\\vic.mdb успешно создана");
        }
        catch (System.Runtime.InteropServices.COMException Ex)
        { MessageBox.Show(Ex.Message); }
        finally
        { Каталог = null; }
    }
}
```

В итоге получается пустая база данных. Для работы с только что созданной БД необходимо создать в ней таблицу для размещения информации. Таблицу создаем при помощи следующего кода:

```
class Program
    static void Main(string[] args)
        // Создание экземпляра объекта Connection с указанием строки
        // подключения:
        var Подключение = new ОлеДиБи.OleDbConnection(
            "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=C:\\Vic.mdb");
        // Открытие подключения:
        Подключение.Open();
        // Создание экземпляра объекта класса Command
        // с заданием SQL-запроса:
        var Команда = new ОлеДиБи.OleDbCommand("CREATE TABLE [" +
            "БД телефонов] ([Номер п/п] counter, [ФИО] ch" +
            "ar(20), [Номер телефона] char(20))", Подключение);
        try // Выполнение команды SQL:
        {
            Команда.ExecuteNonQuery();
            MessageBox.
                Show("Структура таблицы 'БД телефонов' записана в пустую
БД");
        }
        Подключение.Close();
    }
}
```

В итоге была получена пустая база данных с таблицей готовая к работе. Далее создаем форму программы для работы с БД. Форма представлена на рис 2.

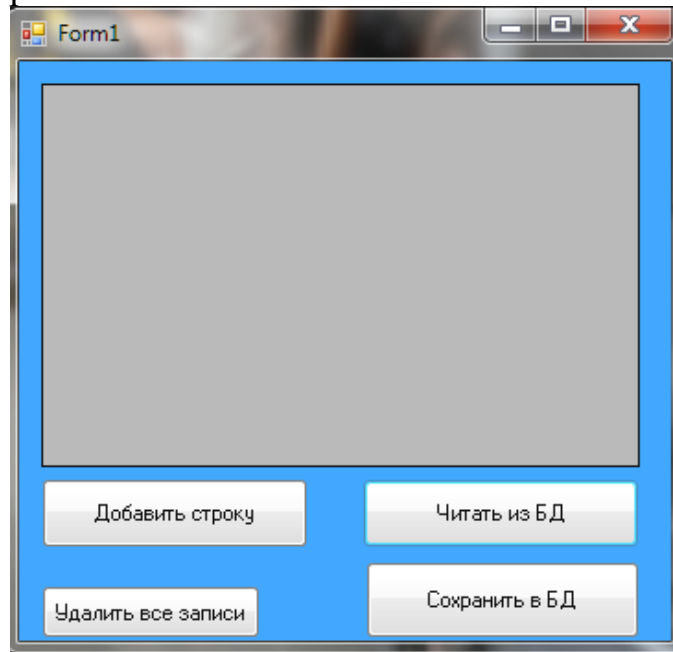


Рис 2. Рабочее окно программы для работы с БД

После запуска программа осуществляет подключение к БД по адресу C:\vic.mdb\. При нажатии на кнопки будут работать следующие процедуры:

- Читать из БД- Происходит чтение информации с подключенной базы данных и отображение ее в текстовом поле.

```
{ // Читать из БД:
```

```
НаборДанных = new DataSet();
if (Подключение.State == ConnectionState.Closed)
```

```
Подключение.Open();
```

```
Адаптер = new ОлеДиБи.OleDbDataAdapter(
    "Select * From [БД телефонов]", Подключение);
```

```
// Заполняем DataSet результатом SQL-запроса
Адаптер.Fill(НаборДанных, "БД телефонов");
```

```
// Содержимое DataSet в виде строки XML для отладки:
string СтрокаXML = НаборДанных.GetXml();
```

```
// Указываем источник данных для сетки данных:
```

```
dataGridView1.DataSource = НаборДанных;
```

```
// Указываем имя таблицы в наборе данных:
```

```
dataGridView1.DataMember = "БД телефонов";
```

```
Подключение.Close();
```

- Сохранить изменения БД – Сохраняет произведенные пользователем изменения текстового поля в базу данных.

```
{ // Сохранить в базе данных
```

```

Команда.CommandText = "UPDATE [БД телефонов] SET [Но" +
    "мер телефона] = ?, ФИО = ? WHERE ([Номер п/п] = ?)";
// Имя, тип и длина параметра
Команда.Parameters.Add("Номер телефона",
ОлеДиБи.OleDbType.VarWChar,
    50, "Номер телефона");
Команда.Parameters.Add("ФИО", ОлеДиБи.OleDbType.VarWChar, 50,
"ФИО");
Команда.Parameters.Add(new
ОлеДиБи.OleDbParameter("Original_Номер_п_п",
    ОлеДиБи.OleDbType.Integer, 0, System.Data.ParameterDirection.
        Input, false, (byte)0, (byte)0, "Номер п/п",
        System.Data.DataRowVersion.Original, null));
Адаптер.UpdateCommand = Команда;
Команда.Connection = Подключение;
try
{ // Update возвращает количество измененных строк
    int kol = Адаптер.Update(НаборДанных, "БД телефонов");
    MessageBox.Show("Обновлено " + kol + " записей");
}
➤ Добавить строку – Процедура создания дополнительной строки в ба-
зе данных для возможности вносить в неё изменения.
var Подключение = new ОлеДиБи.OleDbConnection(
    "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=C:\\vic.mdb");
// Открытие подключения:
Подключение.Open();
// Создание экземпляра объекта Command с заданием SQL-запроса:
var Команда = new ОлеДиБи.OleDbCommand(
    "INSERT INTO [бд телефонов] (" +
    "Фино, [номер телефона]) VALUES (' , ' )");
// Для добавления записи в таблицу БД эта команда обязательна:
Команда.Connection = Подключение;
// Выполнение команды SQL:
Команда.ExecuteNonQuery();
MessageBox.Show("Новая строка успешно добавлена");
Подключение.Close();
➤ Удаление всех записей - Процедура производит полное удаление всех
записей из базы данных
var Подключение = new ОлеДиБи.
    OleDbConnection( // Строка подключения:
        "Data Source=\"C:\\vic.mdb\";User " +
        "ID=Admin;Provider=\"Microsoft.Jet.OLEDB.4.0\";");
Подключение.Open();
// Создаем объект класса Command, передавая ему SQL-команду

```

```

var Команда = new ОлeДиБи.OleDbCommand(
    "Delete * From [БД телефонов] Where " +
    "ФИО Like '%" + Подключение);
// Выполнение команды SQL
int i = Команда.ExecuteNonQuery();
// i — количество удаленных записей
if (i > 0) MessageBox.Show(
    "Все записи были успешно удалены");
if (i == 0) MessageBox.Show(
    "Записи не найдены");
Подключение.Close();

```

### Библиографический список

Зибров В.В. Visual C# 2010 на примерах. – БХВ - Петербург, 2011, - 432 с.

**Н. В. Лушкин**, кандидат технических наук, доцент  
**А. А. Логачев**, магистрант

### РАЗРАБОТКА НА MICROSOFT VISUAL STUDIO 2010 ПРОГРАММНОГО ПРОЕКТА, ВЫПОЛНЯЮЩЕГО ЗАПРОС К XML-ФАЙЛУ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ LINQ

**LINQ** (*Language Integrated Query*) — проект Microsoft по добавлению синтаксиса языка запросов, напоминающего SQL, в языки программирования платформы .NET Framework. Ранее был реализован в языках C# и Visual Basic.NET. Основная идея проекта – есть некий массив данных, представленный в виде xml-файла. Проект получает данные из этого массива и фильтрует по определенному критерию. В данной работе в качестве массива данных будет выступать список преподавателей кафедры ИС, число пар, проводимое ими в неделю и число студентов, пишущих у них дипломную работу. В качестве фильтра будут выступать следующие условия – число пар в неделю меньше 5 и число дипломников не больше одного.

Сразу по открытию проекта, обращаемся к данным в xml-файле. Если xml файла нет, то будет создан пустой.

Данные xml-файла упорядочиваются в виде таблицы. Пользователь может вносить изменения в таблицу, создавать новые строки и т.п.

По нажатию кнопки фильтрации, пользователю будут выведены преподаватели, удовлетворяющие заданным условиям, описанным во введении. С учетом вышеизложенного, блок-схема проекта будет выглядеть так.

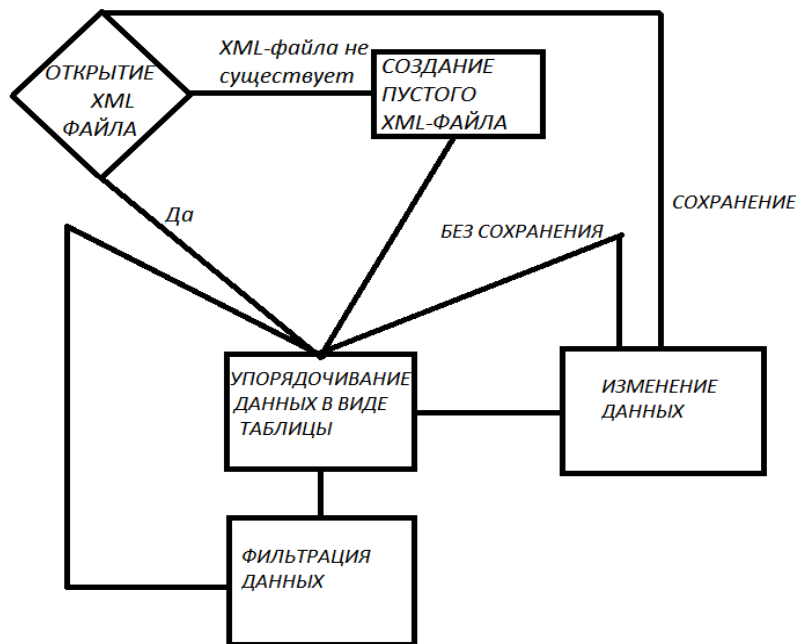


Рис.1. Блок-схема работы программы

Открыв Visual Studio 2010, создадим экранную форму, на которой будет отображаться проект. Форма будет создана из следующих готовых элементов-шаблонов, представленных в visual studio – поле данных, две кнопки и текстовое поле.

В поле данных будет выводиться упорядоченная информация из xml-файла, а в текстовое поле – уже отфильтрованная информация. Кнопки будут использоваться для сохранения изменений в таблице и фильтрации. Создав форму, сразу приступим к открытию xml-файла. Для начала нужно проверить, существует ли этот xml-файл.

```
if (System.IO.File.Exists("Список.xml") == false)
```

Если нет, то будет создана пустая таблица:

```
Таблица.Columns.Add("Сотрудник"); Таблица.Columns.Add("Пары");
НаборДанных.Tables.Add(Таблица);
dataGridView1.DataSource = Таблица;
```

Если создан, то будут считаны все его данные и упорядочены в виде таблицы в поле данных на экранной форме:

```
НаборДанных.ReadXml("Список.xml");
Таблица = НаборДанных.Tables["Сотрудники"];
dataGridView1.DataMember = "Сотрудники";
dataGridView1.DataSource = НаборДанных;
```

Если пользователь изменит какие-то данные и нажмет кнопку “Сохранить”, то произойдет перезапись данных в xml-файл.



```
НаборДанных.WriteXml("Список.xml");
```

По нажатию кнопки “Найти”, произойдет фильтрация преподавателей с числом пар в неделю меньше 5

```
Field<String>("Пары")) < 5
```

и числом дипломников не больше 1

```
Field<String>("Дипломники")) < 2
```

После чего список таких преподавателей будет выведен в текстовое поле внизу экранной формы

```
A = Сотрудник.Field<string>("Сотрудник"),
```

```
B = Сотрудник.Field<string>("Пары"),
```

```
C = Сотрудник.Field<string>("Дипломники"),
```

```
textBox1.Text = textBox1.Text + Сотрудник.A + " - " + Сотрудник.B + " - " +  
Сотрудник.C;
```

В результате подобных несложных действий на основе Visual studio 2010 была создана программа, которая может обращаться к внешнему xml-файлу, открывать, изменять и фильтровать его данные и всё это на основе синтаксиса запросов LINQ.

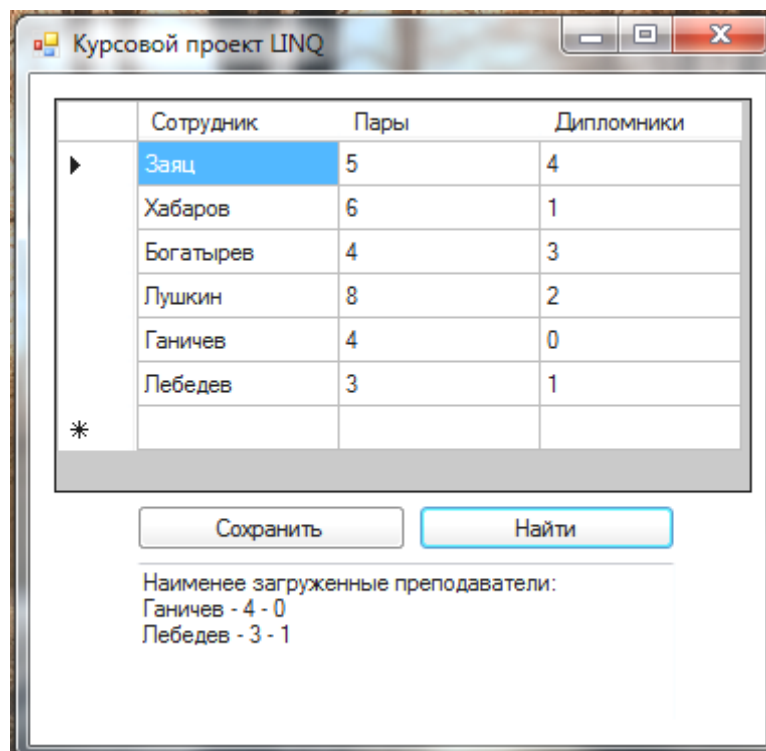


Рис.2. Пример использования LINQ

**С. П. Хабаров**, кандидат технических наук, доцент  
**Н. Б. Смелова**, старший преподаватель

## **ОСНОВЫ НТА-ПРИЛОЖЕНИЙ В АДМИНИСТРИРОВАНИИ WINDOWS**

HTML Application (НТА) — это приложение Microsoft Windows, написанное на HTML или Dynamic\_HTML. Возможность создания таких приложений впервые возникла с появлением браузера Microsoft Internet Explorer 5.0. Технология НТА, объединяя в себе возможности скриптовых языков и браузерных технологий, позволяет создавать полезные приложения даже без знания серьезных языков программирования [1, 2].

Принципиальным отличием НТА-приложений от HTML является то, что на такие приложения не накладывается ограничения безопасности - они работают как любой исполняемый файл Windows. При этом остается возможность создавать при помощи HTML абсолютно любой пользовательский интерфейс, причем с минимальными усилиями и без каких-либо существенных ограничений.

В отличие от HTML-страниц, НТА запускается как полностью надёжное и безопасное приложение, и, следовательно, имеет больше привилегий в системе, чем обычная HTML-страница. Например, НТА-приложение может

- создавать, редактировать и удалять файлы;
- иметь полный доступ к записям системного реестра Windows;
- использовать инструментарий управления Windows (Windows Management Instrumentation, WMI).

Создать НТА-приложение можно, просто написав HTML-страницу и сохранив ее с расширением .hta. Это приложение будет обрабатываться Windows-программой mshta.exe, задача которой - обеспечить связь вашего НТА-приложения с браузером. Так как НТА-приложения используют платформу браузера, то они объединяют в себе все его возможности:

- объектную модель,
- разметку страницы (HTML),
- каскадные листы стилей (CSS),
- скрипты (VBS и JS).

Логика программы организуется кодом на Java Script или Visual Basic Script, а само приложение выходит за рамки браузера - программа на стадии выполнения ничем не будет отличаться от обычных оконных приложений для Windows:

- запущенное приложение будет присутствовать на панели задач,
- иметь собственные окно, меню и значок.

Следует отметить, что HTA-приложение не будет видно среди запущенных приложений в диспетчере задач и единственное средство, которым можно контролировать запущенную программу - это процесс mshta.exe.

Для настройки внешнего вида окна HTA-приложений, отображаемых на экране дисплея, введён новый тег

**<hta:application ... [список директив] ... >**,

который располагается в секции <head> ... </head> документа HTA, который можно получить из обычного HTML-файла, изменив его расширение на .hta.

HTA-приложения очень удобны для централизации сценариев управления ИТ-инфраструктурой компании, которые администратор использует повседневно. Перед началом использования HTA необходимо ознакомиться с особенностями взаимодействия скриптов HTA-приложений с операционной системой.

Взаимодействие приложения с операционной системой осуществляется путем внедрения в код специальных скриптов. Такие скрипты не просто выполняют логику приложения, они через специальные библиотеки отправляют запросы операционной системе, а операционная система возвращает им запрошенные данные или выполняет необходимые действия.

Для работы с операционной системой используется специальный класс Shell, который позволяет выполнять такие операции как запуск программ, изменение реестра, создание ярлыков, доступ к системным папкам и системным переменным, доступ к системному журналу.

Очень часто встречаются такие случаи, когда необходимо что-то создать, удалить, переместить или изменить на диске компьютера. Эту задачу позволяет решить класс FileSystemObject, предназначенный для работы с файловой системой.

Также HTA позволяет использовать классы Windows Management Instrumentation (WMI) - это набор интерфейсов для управления операционной системой через специальные компоненты, причем как локально, так и по сети. Это очень богатый набор инструментов, с помощью которого можно выполнить любое действие в среде семейства Windows.

Таким образом, HTA совмещает в себе широкие возможности HTML-разметки и доступ к настройкам операционной системы, что делает его гибким инструментом для создания программ администрирования WINDOWS.

### **Библиографический список**

1. [www.msdn.microsoft.com](http://www.msdn.microsoft.com) Microsoft Corporation. Введение в HTML-приложения (Introduction to HTML Applications) (англ.)
2. [www.sysengineering.ru](http://www.sysengineering.ru) Виталий Бочкарёв. Статья “HTML-приложения” (рус.)

**М. А. Шубина**, кандидат технических наук, доцент

### **ТЕНДЕНЦИИ В РАЗРАБОТКЕ СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ (АКИ)**

Актуальность доклада определяется, во-первых, тем, что резко возросли потребности в результатах аэрокосмической съемки в разных сферах народного хозяйства, в том числе лесного, и, во-вторых, тем, что соответственно улучшается качество датчиков для получения изображений и увеличивается количество проблемно-ориентированных информационных технологий для извлечения информации из АКИ.

При подготовке специалистов в области информационных технологий необходимо учитывать тенденции развития аэрокосмической отрасли и средств обработки получаемых изображений еще и потому, что в этой отрасли имеется объективная потребность в новых технологиях.

О необходимости получения данных АКИ для различных отраслей хозяйства и развития научных знаний говорит и тот факт, что среди стран, запустивших спутники, - США, Россия, Украина, Белоруссия, Япония, Великобритания, Франция, Германия, Канада, Италия, европейское сообщество, Испания, Израиль, Индия, Китай, Тайвань, Бразилия, Чили, Аргентина, Алжир, Нигерия, Таиланд и др.

Расширение круга потребителей АКИ подтверждается постоянно возрастающим количеством тематических семинаров и конференций, посвященных эти расширяющимся составом участников ежегодных конференций, проводимых ведущими распространителями материалов съемки, в России – фирмами «Совзонд» и «Сканэкс» (рис.1).

Материалы космической съемки используются для анализа и прогноза природных и антропогенных объектов и процессов (космический мониторинг), для муниципального и регионального управления; нефтегазового комплекса и энергетики, сельского и лесного хозяйства; экологии и охраны окружающей среды; управления чрезвычайными ситуациями; задач картографирования поверхностей антропогенного характера (крыши строений, тротуары, дороги, автостоянки и др.); подвижек земной поверхности и т. д.



Рис.1. Распределение участников конференции «Совзонда» в 2011 г. по сферам деятельности.

Получение аэрокосмических изображений реализуется в следующих диапазонах электромагнитного спектра: радиолокационных (метровом, дециметровом, сантиметровом, ); инфракрасном (ближнем и дальнем), видимом (от 4 до 7 каналов), и ультрафиолетовом (десятках каналов), причем в последнем - по преимуществу, с аэроносителей (рис.2).

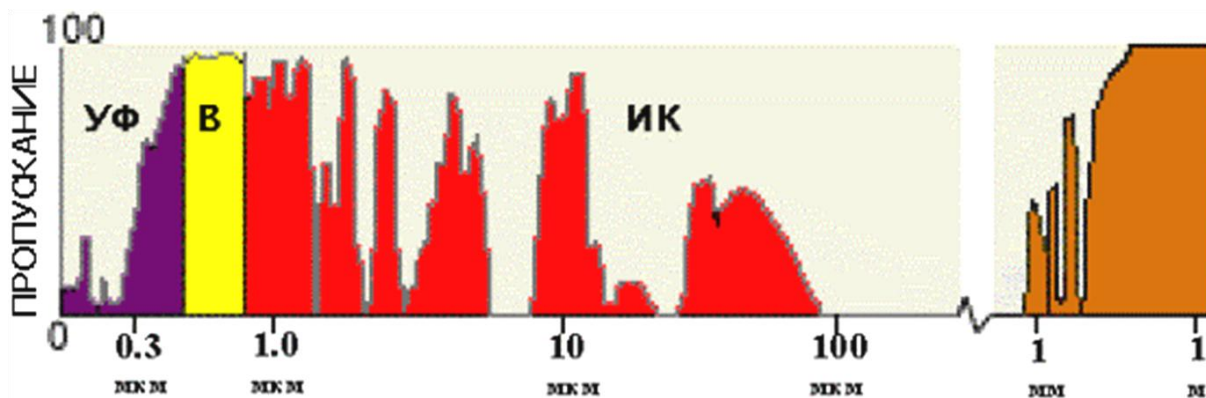


Рис. 2. Диапазоны электромагнитного спектра, используемые для получения АКИ.

Основные направления развития технических средств – это дальнейшая специализация, повышение разрешения изображений, увеличение количества диапазонов, получение объемных (стерео) изображений, удешевление съемки, что привело к уменьшению размеров космических аппаратов и переход к «малым», узко специализированным спутникам, а в области аэросъемки – к беспилотным летательным аппаратам.

Примером специализированных спутников является американский научный спутник для исследования атмосферы UARS (Upper Atmosphere Research Satellite) массой 6,5 тонны, предназначенный для изучения верх-

них слоев атмосферы и работавший на орбите с 1991 года по 2011 г. Запускались космические аппараты для исследования околоземного пространства, в том числе атмосферы, астрономических наблюдений, наблюдений за некоторыми явлениями на суше и на море и др.

Технические средства всегда конструировались в комплексе со средствами обработки, в первую очередь, визуализации получаемых сигналов, но последующая обработка полученных сигналов привела к бурному развитию технологий извлечения информации (нового знания) и представления ее потребителю в удобном, привычном виде и соответственно появлению фирм и организаций, занимающихся только этими направлениями.

Перечислим основные технические средства получения АКИ.

**Опτικο-электронные спутники:** Опτικο-электронные спутники [4,6,7,16]: Meteor-M№1, Монитор-Э, Сич-2, QuickBird, WorldView-1, WorldView-2, Landsat = 4,5,7, Ikonos, OrbView-3, GeoEye-1, Aqua (Modis), Terra (Aster), NPP, Hyperion (EO-1), Spot-2,4,5; Formosat-2, Pleiades-1,2; IRS-1C/1D, Resourcesat-2, Cartosat-1 (IRS-P5), Cartosat-2, 2B, ALOS (PRISM,AVNIR-2), Kompsat-2, RapidEye, Nigeriasat-2, Theos, UK DMC-2, Diemos-1, Alsat-1, Beijing-1 и др.

**Радарные спутники:** Envisat, ERS-1,2; Radarsat-1,2; TerraSAR X, L, ALOS (Palsar) .

Планируются к запуску в 2012-2015 гг.- **опτικο-электронные спутники:** Ресурс-П, Каноус-В, БКА, WorldView-3, GeoEye-2, Landsat-8, Pleiades-1, 2 , SPOT-6,7, ALOS-3, Sentinel-2; **радарные спутники** COSMO Skymed 1-4, ALOS-2, Sentinel-1.

В апреле 2010 NASA вывела на околоземную орбиту беспилотный аппарат X-37B, способный находиться в космическом пространстве до 270 суток и осуществлять посадку в автоматическом режиме, причём через несколько недель он может быть готов к новому полёту (вместо Shuttle).

Китай работает над своим X-37 и Россия также в режиме опытной эксплуатации тестирует несколько образцов беспилотных летательных аппаратов (БЛА) российского производства («Орлан-10», «Элерон-10», «Ласточка» и «Наводчик-2»).

Из вышеперечисленного прежде всего, стоит отметить прогресс в области получения **радиолокационных** данных, т.к. благодаря их «всепогодности» и географическому положению нашей страны (протяженность, северное полушарие, т.е. значительные периоды облачности) они особенно важны (изображения можно получать практически круглый год).

Особый интерес вызывают технологии использования радарных данных в нефтегазовой промышленности на суше (смещения земной поверхности, мониторинг эффективности закачки флюидов в пласт по ре-

зультатам мониторинга поднятий земной поверхности, деформации зданий и сооружений, мониторинг трубопроводов и т.д.); и акваториях (всепогодный мониторинг судоходства и ледовой обстановки, поиск нефтеразливов и природных нефтяных пленок, поиск месторождений углеводородов, оперативный заказ, прием и получение исходных и обработанных радарных снимков и т.д.), горнодобывающей промышленности (мониторинг деформаций стенок карьеров) и других отраслях.

В настоящее время на орбите находятся 9 радарных космических аппаратов ДЗЗ, способных проводить съемку с пространственным разрешением до 1 м. Особый интерес представляют данные с радарных спутников высокого разрешения, таких как RADARSAT-2 (Канада) и TerraSAR-X (Германия). В июне 2010 г. добавился запуск еще одного германского радарного спутника TanDEM-X (рис. 3). КА TerraSAR-X и TanDEM-X оснащены новейшими радарами с синтезированной апертурой, позволяющими выполнять съемку земной поверхности с высоким пространственным разрешением (до 1 м). Спутники работают синхронно; по данным, полученным с них, будет создана глобальная цифровая модель местности и рельефа, беспрецедентная по площади покрытия и точности (решаемые задачи: создание и обновление топографических и специальных карт вплоть до масштаба 1:10 000; создание ЦМР и ЦММ высокой точности (2–4 м по высоте); высокоточное наблюдение за состоянием инфраструктурных сетей (трубопроводы, железные дороги, телекоммуникации); оценка сейсмической опасности, прогнозирование землетрясений, извержений вулканов; всепогодное наблюдение за природными и антропогенными катастрофами (половодья, аварии); контроль береговых зон и наблюдение за судами; картирование сельскохозяйственных культур, определение состояния посевов, точное сельское хозяйство; картирование древостоев, определение породного состава без наземных исследований, мониторинг вырубок и состояния лесов; контроль и управление городской средой; задачи обеспечения обороны и безопасности).

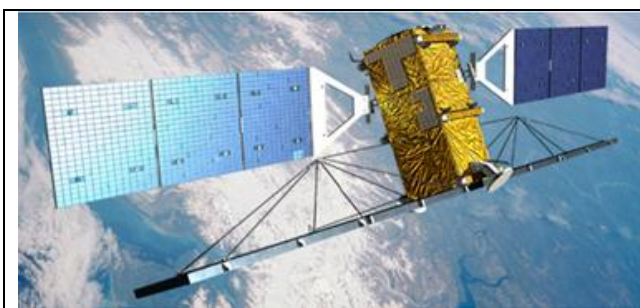


Рис. 3а. Спутник RADARSAT-2

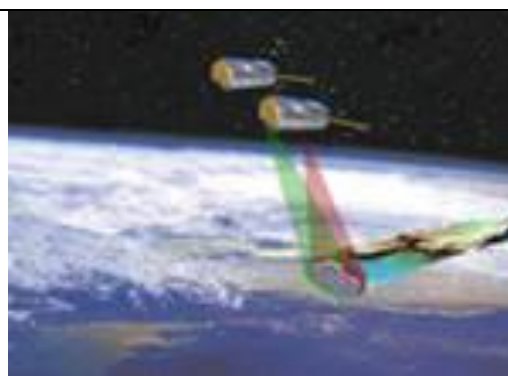


Рис. 3б. TerraSAR-X и TanDEM-X

Т а б л и ц а 1

Диапазоны радиоволновой области электромагнитного спектра, в которых выполняется (выполнялась) космическая съемка зарубежными аппаратами.

| Диапазон | Частоты, ГГц | Длины волн, см             | Спутниковые системы                                 |
|----------|--------------|----------------------------|---|
| X        | 5.20 – 10.90 | 2.75 – 5.77<br>(2.4 – 3.8) | USGS SLAR, TerraSAR-X/TanDEM-X,<br>Cosmo-SkyMed 1-4 |
| C        | 3.9 – 6.2    | 3.8 – 7.6                  | ERS-1,2; ENVISAT-ASAR;<br>RADARSAT-1,2              |
| L        | 0.39 – 1.55  | 19.3 – 76.9<br>(15 – 30)   | SIR-A,B, JERS, ALOS PALSAR                          |

Как известно, данные, получаемые с радарных спутников, позволяют решать задачи мониторинга окружающей среды, ледовой обстановки, картографирования природных комплексов, борьбы со стихийными бедствиями, морской разведки и др. Съемочная аппаратура радарных спутников — радары с синтезированной апертурой (SAR) — способна посылать и принимать сигналы сквозь облака, дым и туман в любое время суток. Таким образом, съемка практически не зависит ни от погоды, ни от наличия солнечного света. Кроме того радарные съемки позволяют с высокой точностью выявлять вертикальные подвижки земной поверхности, строить высокоточные цифровые модели рельефа.

Важной тенденцией в развитии спутниковых радиолокационных систем (помимо повышения пространственного разрешения и увеличения числа режимов съемки) является расширение поляризационных возможностей, и, в особенности, появление возможности одновременной съемки в четырех возможных поляризациях (такая съемка позволяет в дальнейшем генерировать так называемую полную поляризационную матрицу).

Много поляризационные режимы съемки, в частности, открывают новые возможности для использования радарных съемок в задачах лесного и сельского хозяйства.

Планируемые к запуску радарные спутники приведены в табл. 2.



Т а б л и ц а 2

Планируемые к запуску радарные спутники [1]

| Название спутников                   | Оператор                          | Диапазон длин волн | Планируемые годы запуска | Пространственное разрешение |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|
| RISAT-1                              | ISA (Индия)                       | C                  | 2012                     | 3 – 15 м                    |
| Sentinel-1 A/B                       | ESA (Европа)                      | C                  | 2013 – 2015              | 5 – 20 м                    |
| SAOCOM-1 A/B                         | CONAE (Аргентина)<br>ASI (Италия) | L                  | 2013 – 2015              | 5 м                         |
| ALOS-2                               | JAXA (Япония)                     | L                  | 2012 – 2013              | 3 – 15 м                    |
| COSMO-SkyMed-5/6/7/8                 | ASI (Италия)                      | X                  | 2013 – 2015              | 1 – 15 м                    |
| Radarsat constellation mission (RCM) | CSA, MDA (Канада)                 | C                  | 2014 - 2015              | 1 – 100 м                   |
| BIOMASS                              | ESA (Европа)                      | P                  | 2015 - 2017              | 50 м                        |

Группировка радиолокационных спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) COSMO-SkyMed позволяет набирать данные для интерферометрических наблюдений за смещениями земной поверхности с миллиметровой точностью. Частота интерферометрических съемок — до 8 снимков в месяц. Разрешение 3 м и 1 м. Разработчики обладают специальной технологией для построения интерферометрических моделей.

400-килограммовый спутник NovaSAR-S будет представлять собой платформу SSTL-300, снабженную инновационным радаром с синтезированной апертурой (SAR) ведущим съемку в S-диапазоне (1550 -5200 МГц, что соответствует длине волны 5,8 – 19 см).

Для использования радарных данных высокого разрешения, что значительно улучшает возможности распознавания объектов и их классификацию, применяется специализированный программный продукт SARscape (SARMAP, Швейцария, правообладатель – Exelis VIS, США), который представляет собой набор дополнительных модулей к программе ENVI (Exelis VIS, США). Эти дополнительные модули позволяют выполнять предварительную и тематическую обработку радиолокационных снимков, включая возможности радиолокационной интерферометрии:

**SARscape Basic** - фокусировка, импорт комплексных и амплитудных данных, корегистрация, фильтрация (удаление спекл-шумов), извлечение характеристик (включая когерентность), геокодирование, радиометрическую калибровку и нормализацию радарных снимков, составление из них бесшовных мозаик, сегментацию изображений.

**SARscape Focusing** - фокусировка радиолокационных голограмм для данных ERS-1 и 2, ENVISAT-ASAR, JERS и ALOS PALSAR, для интерферометрической обработки данных ALOS.

**SARscape Gamma-Gaussian Filter** - расширяет возможности SARscape Basic по фильтрации амплитуд радарных снимков и включает целое семейство специфических радиолокационных фильтров.

**SARscape Interferometry** - предназначен для обработки интерферометрических радиолокационных данных (интерферометрия с двух, трех или четырех последовательных витков, InSAR/DinSAR) для задач создания ЦМР, получения последовательности изображений, совмещенных друг с другом с субпиксельной точностью, а также для построения карт смещений/деформаций земной поверхности.

**SARscape ScanSAR Interferometry** - расширяет возможности модуля SARscape Interferometry, позволяя выполнять интерферометрическую обработку данных ENVISAT ASAR в широкополосном режиме съемки Wide Swath, обеспечивая возможность получения интерферограмм низкого разрешения (75 м) на большие территории (400 x 400 км), с возможностью последующей атмосферной коррекции этих интерферограмм средствами модуля SARscape Interferometry.

**Polarimetry/Polarimetric Interferometry** - позволяет проводить обработку поляриметрических SAR данных (таких как ALOS PALSAR PLR и RADARSAT-2 Quadpol): калибровку данных, синтезирование изображений, расчет различных параметров радарных данных (энтропия, анизотропия, альфа), расчет поляриметрических интерферограмм и когерентностей (PolInSAR). Поляриметрические данные являются ценным источником информации о подстилающей поверхности и используются в основном для классификации объектов в задачах лесного и сельского хозяйства, при мониторинге судоходства, ледовой обстановки, нефтеразливов и т.д.

**Interferogramm Stacking** – реализует два метода исследования (PS и Sbas), позволяющие измерить смещения и деформации земной поверхности и сооружений с миллиметровой точностью.

SARscape в настоящее время поддерживает импорт данных практически со всех радиолокационных спутников и с некоторых авиационных радарных систем, таких как TELAER, OrbiSAR, E-SAR, RAMSES.

**Базовые функции.** Меню базовых функций SARscape позволяет выполнять некогерентное накопление комплексных данных с задаваемыми коэффициентами, геокодирование амплитудных данных, их фильтрацию, получение мозаик изображений, сегментацию, корегистрацию, вычисление файла средних значений произвольного параметра (например, средняя амплитуда по серии снимков), файла стандартных отклонений, файла максимальных и минимальных значений и т. д.

К удобным особенностям базовых функций SARscape можно отнести возможность перевода геокодированных растровых и векторных файлов (или

координат точек) в координаты ряд-колонка (азимут-наклонная дальность) конкретного снимка, что удобно при интерферометрической обработке.

Новые решения предлагают программные продукты компании Schlumberger Water Services для решения задач в области водных ресурсов.

Традиционно наибольшее число потребителей информации **видимого** диапазона. Следует отметить мультиспектральный спутник нового поколения WorldView-2, он оснащен оптико-электронной аппаратурой для съемки земной поверхности в панхроматическом режиме с пространственным разрешением 0,46 м и в мультиспектральном режиме с разрешением 2 м. Его датчики обеспечивают съемку не только всего видимого спектра, но и двух инфракрасных. Это первый коммерческий аппарат с восьмиканальным спектрометром, который включает традиционные спектральные каналы: красный, зеленый, синий и ближний инфракрасный-1, а также четыре дополнительных канала: фиолетовый (или прибрежный — coastal), желтый (yellow edge), «крайний красный» (red edge), ближний инфракрасный-2 (NIR-2). Дополнительные каналы позволят улучшить дешифрирование и анализ снимков, значительно увеличат возможности идентификации и классификации объектов. Поставляет как традиционные изображения: необработанные снимки (Basic), черно-белые стереоизображения (B/W Stereo), ортотрансформированные изображения (Ortho), так и новые: 4-х канальные цветные стереоизображения (4-Band Color Stereo); пакет из 4-х канальных и панхроматических стереоизображений (4-Band Bundle Stereo); мультиспектральные 8-ми канальные изображения с разрешением 2 м (2 m Resolution Multispectral 8-Band).

DigitalGlobe — один из ведущих в мире поставщиков данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) сверхвысокого разрешения и геоинформационных продуктов — является владельцем и оператором спутников WorldView-2, WorldView-1 и QuickBird, которые позволяют получать данные с пространственным разрешением, соответственно, — 46, 50 и 60 см. Ежедневно группировка спутников способна выполнять съемку площадью до 2,7 млн. кв. км. — это самый высокий показатель производительности среди компаний-операторов систем ДЗЗ. База архивной съемки компании включает более миллиарда отснятых километров.

30 августа 2010 г. компания DigitalGlobe сообщила о заключении контракта с компанией Ball Aerospace на разработку, создание и запуск спутника WorldView-3 к 2014 г.

КА WorldView-3 предназначен для съемки в панхроматическом и восьмиканальном мультиспектральном режиме. Съемочная аппаратура будет полностью аналогична той, которая установлена на КА WorldView-2. Точность геопозиционирования в лане составит 6,5 м СЕ90 или 4 м (СКО) без дополнительной коррекции плановых координат по наземным опорным точкам.

### **Решаемые задачи**

- создание и обновление топографических и специальных карт и планов вплоть до масштаба 1:2000;
- создание цифровых моделей рельефа с точностью 1–3 м по высоте.
- инвентаризация и контроль строительства объектов инфраструктуры транспортировки и добычи нефти и газа;
- выполнение лесоустроительных работ, точная автоматизированная инвентаризация и оценка состояния лесов;
- инвентаризация сельскохозяйственных угодий, создание планов землепользования, точное земледелие;
- тонкий мониторинг состояния посевов, оценка засоренности, выявление вредителей и болезней сельскохозяйственных культур, прогнозирование урожайности.
- автоматизированное создание крупномасштабных карт и планов растительности, ландшафтов и природопользования;
- обновление топографической подосновы для разработки проектов генеральных планов перспективного развития городов, схем территориального планирования муниципальных районов;
- инвентаризация и мониторинг состояния транспортных, энергетических, информационных коммуникаций;
- широкий круг задач в области охраны окружающей среды.

КА GeoEye-2 начал разрабатываться в 2007 г. Предполагается достижение следующих технических характеристик: разрешение в панхроматическом режиме — 0,25 м, улучшенные спектральные характеристики. Предполагаемая апертура телескопа — 1,1 м. После начала работы в штатном режиме спутник будет передавать для государственных и коммерческих заказчиков данные самого высокого разрешения в мире. Круг решаемых задач примерно тот же, что и у WorldView-3.

Благодаря развертыванию на орбите в 2008 году группировки из 5 спутников ДЗЗ RapidEye, появилась возможность выполнять съемку территорий в несколько десятков тысяч квадратных километров с беспрецедентной периодичностью — 24 часа. Съемка земной поверхности ведется в пяти каналах. Помимо традиционных спектральных каналов (красный, зеленый, синий, ближний инфракрасный) используется также уникальный для спутников высокого разрешения канал «крайний красный» (red edge), который оптимально подходит для наблюдения за изменениями состояния растительного покрова. Маневренность, большие площади охвата, а также высокое пространственное разрешение делают использование данных, полученных с группировки спутников RapidEye, особенно перспективным для задач мониторинга.

КА EO-1 (Earth Observing-1) стал первым спутником программы «Новое тысячелетие», проводимой NASA. Основная идея разработки спутника состояла в поиске замены космическому аппарату Landsat-7,

действующего на орбите, начиная с 1999 г. EO-1 несет на своем борту полезную нагрузку в виде приборов: ALI (Advanced Land Imager), Hyperion и дополнительно — аппаратуру LAC, которая позволяет установить и исключить возмущающее влияние атмосферы. Гиперспектральный сенсор Hyperion предназначен для получения цифровых изображений земной поверхности с пространственным разрешением до 30 м в 220 спектральных диапазонах видимой и инфракрасной области. Изначально планировался годовой орбитальный полет спутника, но после успешного завершения этого срока было принято решение о продлении пребывания EO-1 на орбите на неопределенный срок.

Специалисты предприятий Федерального космического агентства «НИИ ТП» (разработчика комплекса) и НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы» (оператора российских космических аппаратов высокого разрешения) обеспечивают прием данных с отечественного спутника «Ресурс-ДК1», имеющего пространственное разрешение в панхроматическом режиме до 1 м и в мультиспектральном – до 2 м. Планируется запуск новых космических аппаратов ДЗЗ высокого разрешения, таких как «Ресурс-П».

КА «Ресурс-П» (ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс») предназначен для дистанционного зондирования земной поверхности с целью получения в масштабе времени, близком к реальному, высокоинформативных изображений в видимом диапазоне спектра. Оптико-электронная аппаратура высокого разрешения дополнена гиперспектральной съемочной аппаратурой (ГСА) и комплексом широкозахватной мультиспектральной съемочной аппаратуры высокого разрешения (ШМСА-ВР) и среднего разрешения (ШМСА-СР).

**Решаемые задачи:**

- составление и обновление общегеографических, тематических и топографических карт;
- контроль загрязнения окружающей среды, в т. ч. экологический контроль в районах геологоразведочных работ и добычи полезных ископаемых, контроль водоохранных и заповедных районов;
- инвентаризация природных ресурсов (сельскохозяйственных и лесных угодий, пастбищ, районов промысла морепродуктов), создание земельного кадастра и контроль хозяйственных процессов для обеспечения рациональной деятельности в различных отраслях хозяйства;
- информационного обеспечения поиска нефти, природного газа, рудных и других месторождений полезных ископаемых;
- контроль застройки территорий, получение данных для инженерной оценки местности в интересах хозяйственной деятельности;
- информационного обеспечения для прокладки магистралей и крупных сооружений, автомобильных, железных дорог, нефте- и газопроводов, систем связи;

- обнаружение незаконных посевов наркосодержащих растений и контроль их уничтожения;

- оценка ледовой обстановки;

- наблюдение районов чрезвычайных ситуаций с целью мониторинга стихийных бедствий, аварий, катастроф, а также оценки их последствий и планирования восстановительных мероприятий.

Наземный комплекс приема и обработки данных ДЗЗ обеспечива

- распаковку информации с сортировкой по маршрутам и выделением массивов видеоинформации и служебной информации;

- восстановление строчно-линейной структуры видеоинформации, декодирование, радиометрическую коррекцию, фильтрацию, преобразование динамического диапазона, формирование обзорного изображения и выполнение других операций цифровой первичной обработки;

- каталогизацию и архивацию информации;

- геометрическую коррекцию и геопривязку изображений с использованием данных о параметрах углового и линейного движения космических аппаратов и/или опорных точек на местности;

- лицензионный доступ к данным, получаемых со многих зарубежных спутников ДЗЗ.

КА «Канопус-В» (ФГУП «НПП ВНИИЭМ») предназначен для обеспечения подразделений Федерального космического агентства, Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Российской академии наук и других заинтересованных ведомств оперативной информацией. Аналогичен ему белорусский спутник БКА.

#### **Решаемые задачи:**

- обнаружение очагов лесных пожаров, крупных выбросов загрязняющих веществ;

- мониторинг техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, в т. ч. стихийных гидрометеорологических явлений;

- мониторинг сельскохозяйственной деятельности, природных (в т. ч. водных и прибрежных) ресурсов;

- мониторинг землепользования;

- оперативное наблюдение заданных районов земной поверхности.

В России принято решение о создании ситуационных центров, которые представляют собой комплекс специально организованных рабочих мест для персональной и коллективной аналитической работы по оперативному управлению, контролю и мониторингу различных объектов и ситуаций. Основным назначением Ситуационного центра является поддержка принятия стратегических решений на основе визуализации и

углубленной аналитической обработки оперативной информации. Ситуационные центры осуществляют сбор необходимой информации, в том числе и на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса, ее анализ, подготовку справок и аналитических материалов, моделирование интересующих руководство и специалистов сценариев развития событий, одновременно с этим осуществляется визуализация подготовленной информации.

По масштабу своей деятельности их условно можно разделить на: стратегические (предназначены для федеральных и региональных органов государственной власти, федеральных министерств и крупных национальных и транснациональных компаний для решения глобальных задач, прогнозирования долгосрочных тенденций); и оперативные (в т. ч. диспетчерские центры; предназначены для органов хозяйственного и муниципального управления, крупных компаний, чрезвычайных служб).

Отметим, что в США наблюдение за возникновением пожаров ведется в автоматическом режиме, и после обнаружения сигнал поступает в службу соответствующего региона в течение 20 минут.

Ведущие мировые поставщики космических данных: Роскосмос (Россия), DigitalGlobe, GeoEye (США), RapidEye AG (Германия), RESTEC (Япония), MDA (Канада); разработчики космических систем (ГП «Конструкторского бюро «Южное» им. М.К. Янгеля», Украина) и др.

Разработчик фотограмметрических программных решений высокого уровня Компания Trimble INPHO выпускает постоянно обновляемые продукты (ApplicationsMaster 5.3, DPMaster 5.3, DTMaster 5.3, inBLOCK 5.3, MATCH-AT 5.3 (для построения ЦМР), ATCH-AT Pushbroom 5.3, MATCH-T DSM 5.3, OrthoMaster 5.3, BuildingGenerator 2.2 (для автоматического выделения и построения 3D- векторов крыш зданий и сооружений).

Разработчики ENVI и IDL (ITT Visual Information Solutions (ITT VIS) с 1 ноября 2011 г. Exelis Visual Information Solutions или кратко – Exelis), практически каждый год совершенствуют программы применительно к решению новых задач на различных типах спутников (RapidEye, GeoEye и др.)

Анализируя литературные источники и содержание конференций, посвященных данной проблеме, можно выделить следующие информационные технологии, которые успешно развиваются в настоящее время:

- создание специализированных информационных систем, в том числе обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) для муниципального и регионального управления с использованием распределенных ГИС технологий;
- создание синергетических технологий, в том числе интеграция программных продуктов, например, ENVI EX и ArcGIS Desktop;

- создание сервисов для доступа к архивам высоко детальной съемки компаний- держателей результатов съемки за секунды в любую точку Земли;
- создание банков геоданных, геопорталов и распределенных ГИС с использованием серверных решений;
- программы автоматического распознавания и классификации наземных объектов;
- средства высокопроизводительного создания цифровой модели рельефа (ЦМР);
- развитие цифровых фотограмметрических технологий;
- средства прямого геопозиционирования, GPS/IMU системы;
- программные средства построения объемных изображений, в том числе стереоизображений;
- программные средства построения трехмерных моделей, в том числе 3D моделей городов;
- средства крупномасштабного тематического картографирования с использованием современных данных ДЗЗ;
- программные средства для автоматической векторизации растровых карт;
- программные средства для использования данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) в качестве основы для создания и обновления топографических, навигационных и тематических карт; и др.

Обсуждение актуальных вопросов развития технологий обработки АКИ в России производится наиболее последовательно на международных конференциях проводимых компаниями «Сканекс» и «Совзонд», региональных и отраслевых совещаниях и семинарах. Пример – ежегодные конференции «Космическая съемка — на пике высоких технологий», проводимые компанией «Совзонд», которые являются местом встречи руководителей и специалистов российских и зарубежных компаний, работающих в области космических и геоинформационных технологий.

В последнее время более активное участие в этих конференциях принимают представители вузов (в 2011 г. с докладами выступили профессор, преподаватели, аспиранты и научные сотрудники Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина, Омского государственного аграрного университета, Иркутского государственного технического университета, Московского государственного университета леса, Пермского государственного университета и др). Они рассказали об опыте использования космических технологий для решения учебных и научных задач. Особое внимание было уделено вопросам обеспечения вузов космическими снимками, обучения студентов новым программным средствам и технологиям обработки и анализа данных.



В Правительстве Республики Коми в ноябре 2010 г. под председательством заместителя главы республики И.А. Поздеева было проведено совещание на тему: «Инновационные возможности космических технологий в интересах эффективного социально-экономического развития Республики Коми». В совещании приняли участие руководители и специалисты республиканских министерств и ведомств, в том числе министерств финансов, природных ресурсов и охраны окружающей среды, архитектуры и градостроительства, комитета лесов, других государственных, научных и коммерческих организаций. Участники совещания обсуждали вопросы информационно-аналитического обеспечения республиканского ситуационного центра с применением геоинформационных технологий и программно-аппаратных комплексов визуализации данных.

Программа семинара в министерстве сельского хозяйства включала в себя 3 блока:

- Законченная технологическая цепочка обработки и интерпретации мультиспектральных данных ДЗЗ с космических аппаратов RapidEye и WorldView-2 для решения задач сельского хозяйства с применением программных комплексов ENVI и ArcGIS. Демонстрация тематического сельскохозяйственного геопортала, созданного на базе космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения.

- Автоматизированные методы мониторинга и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур в России, оперативной и объективной оценки последствий воздействия на посевы негативных факторов.

- Организация информационной системы государственного мониторинга земель с использованием данных ДЗЗ. Опыт создания регионального геоинформационного ресурса мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

Приведенные примеры подтверждают высокую потребность в развитии информационных технологий для обеспечения эффективной обработки аэрокосмических изображений.

### **Библиографический список**

1. [www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)
2. [www.scanex.ru](http://www.scanex.ru)
3. [www.geomatica.ru](http://www.geomatica.ru)
4. «Космический мониторинг в лесном хозяйстве». «ГЕОМАТИКА» №3, 2011 г.

**Ю. А. Жук**, кандидат педагогических наук, доцент  
**А. А. Егоров**, кандидат биологических наук, доцент  
**Е. Н. Мальцев**, магистр

## **НОВЫЕ МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ В ЗАДАЧАХ МОЛЕКУЛЯНОГО МАРКИРОВАНИЯ**

Исследования по идентификации видов и хозяйственно-ценных признаков с помощью методов молекулярного маркирования получили широкое распространение. Основная цель таких исследований – выявление надежной идентифицирующей маркерной системы, позволяющей разделять генеральную совокупность на группы. Некоторые маркеры создают высокий шум изменчивости, который становится неинформативным в плане разделения групп. В этом случае проблема выбора корректных методов статистической обработки полученных данных, а также возможных моделей классификации играет важную роль.

В 2009-10 гг. проводились работы по изучению географических культур ели, расположенных рядом с Лисинским учебно-опытным лесхозом в Тосненском участковом лесничестве Любанского лесничества Ленинградской области (Егоров и др., 2011), в которых произрастают *Picea abies* (L.) H. Karst. (ель европейская), *P. obovata* Ledeb. (е. сибирская) и их гибридный вид *P. fennica* (Regel) Kom. (е. финская), возникший в результате естественной гибридизации (Орлова, Егоров, 2011). В полевых условиях с различных популяций этих 3 видов были собраны образцы на молекулярный анализ, который заключался в подборе RAPD-маркеров (RAPD – random amplified polymorphic DNA — произвольно амплифицированная полиморфная ДНК), позволяющих проводить видовую идентификацию экземпляров елей и их гибридных форм (Копылова и др., 2011). Образцы электрофоретического разделения амплифицированной ДНК из различных генетических источников являлись объектом сравнительного анализа, на основании которого определяется уровень генетического сходства.

Для поиска возможных видоспецифичных аллелей, чей дифференцирующий эффект маскируется в общей выборке, каждый RAPD-фрагмент был проанализирован на предмет корреляции его ”присутствия/отсутствия” у экземпляров европейской ели (*P. abies*) и гибридной ели с признаками ели европейской (*P. fennica*, близкая *P. abies*) в сравнении с экземплярами ели сибирской (*P. obovata*) и гибридной ели с признаками ели сибирской (*P. fennica*, близкая *P. obovata*). С этой целью выборка из 68 генотипов была поделена на две группы “*abies*-подобных” и “*obovata*-подобных” с последующим составлением бинарной (1/0) матрицы (рис. 1).

|              | A | B      | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M      | N | O | P | Q      | R | S | T | U      | V | W | X | Y | Z | AA | AB | AC |   |
|--------------|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|----|----|----|---|
|              |   | OPN 04 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | OPN 12 |   |   |   | OPN 19 |   |   |   | OPN 04 |   |   |   |   |   |    |    |    |   |
| ab1-33       | 1 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 0      | 1 | 1 | 0 | 0      | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  |   |
| ab1-31       | 1 | 1      | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1      | 1 | 1 | 0 | 0      | 0 | 0 | 1 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0 |
| ab1-32       | 1 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0      | 1 | 0 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  |   |
| ab6-46       | 1 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1      | 0 | 1 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1      | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  |   |
| ab6-48       | 1 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1      | 0 | 0 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1      | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 0  |   |
| fen_ab6-47   | 1 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1      | 0 | 0 | 0 | 0      | 0 | 0 | 1 | 1      | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  |   |
| ab12a-100    | 1 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0      | 1 | 1 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1      | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  |   |
| ab12a-102    | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1      | 1 | 1 | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0      | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  |   |
| ab17-17      | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1      | 1 | 1 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 0      | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  |   |
| ab17-16      | 1 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1      | 0 | 1 | 0 | 0      | 0 | 0 | 1 | 0      | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  |   |
| ab17-18      | 1 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0      | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  |   |
| fen_ab29-40  | 1 | 1      | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1      | 1 | 0 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  |   |
| fen_ab29-41  | 1 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  |   |
| fen_ab29-42  | 1 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1      | 0 | 0 | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0      | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 0  | 0  |   |
| fen_ab27-47  | 1 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1      | 0 | 1 | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 1      | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  |   |
| ab26-8       | 1 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1      | 1 | 0 | 0 | 1      | 1 | 0 | 1 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  |   |
| fen_ab26-9   | 1 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1      | 1 | 0 | 0 | 1      | 1 | 1 | 1 | 1      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 0  |   |
| fen_ab26-110 | 1 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1      | 0 | 0 | 0 | 1      | 1 | 1 | 1 | 1      | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  |   |
| ab7-43       | 1 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1      | 0 | 1 | 0 | 1      | 1 | 0 | 0 | 1      | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  |   |
| ab7-45       | 1 | 1      | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1      | 0 | 0 | 0 | 0      | 0 | 1 | 0 | 1      | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  |   |
| ab7-44       | 1 | 0      | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0      | 1 | 0 | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 1      | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  |   |

Рис.2. Корреляция RAPD-фрагментов у различных экземпляров ели

Кластерный анализ не позволяет разделить все изученное многообразие двух близкородственных видов и их гибридных форм на обособленные группы, поскольку дискриминирующий эффект немногочисленных видоспецифичных для *P. abies* и *P. obovata* аллелей нивелируется аллелями, одинаково встречающимися у обоих видов.

Для этой цели может использоваться бинарная классификация, задача которой состоит в разделении некоторых объектов на два класса в соответствии с их свойствами или признаками. В нашем случае, задача двоичной классификации сводится к тому, чтобы отнести каждый образец или пример (RAPD-фрагмент)  $x$  к одному из двух классов  $y$  (“*abies*-подобных” и “*obovata*-подобных”).

Одним из возможных подходов решения данной задачи является построение разделяющей гиперповерхности (гиперплоскости). Имеются эмпирические данные  $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n) \in \{0, 1\}^m \times \{-1, +1\}$ . Здесь  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – множество образцов размерности  $m$ , RAPD-фрагментов;  $y_1, \dots, y_n$  – значения классов, например  $y = -1$  и  $y = 1$ . Для решения задачи классификации необходимо определить дискриминантную или разделяющую функцию  $f(x)$ , знак которой определяет соответствующий класс. Пример графической иллюстрации классификации приведен на рис. 3. Эта функция наиболее точным образом прогнозирует значения классов  $y$  для любого образца  $x$ , который может принадлежать, а может и не принадлежать обучающей выборке.

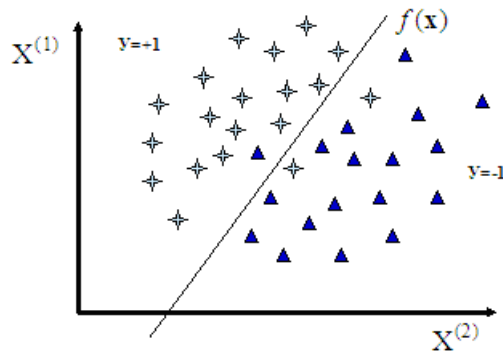


Рис. 2. Графическая иллюстрация общего случая расположения образцов.

Дискриминантная функция  $f(\mathbf{x})$  в свою очередь зависит от параметров  $w_0$  и  $w = (w_1, \dots, w_m)$ , которые определяются на основе обучающей выборки посредством некоторого алгоритма обучения.

Задача классификации сводится к задаче определения параметров  $w$  функции  $f$ . Один из наиболее распространенных способов ее решения – минимизация функционала риска:

$$R(w) = \int_{R^m \times \{-1,1\}} L(\mathbf{x}, y) dF(\mathbf{x}, y).$$

Здесь  $L(\mathbf{x}, y)$  – функция потерь,  $F$  – функция распределения вероятностей вектора  $\mathbf{x}$  и класса  $y$ . Функционал риска является мерой ошибки классификации. Его минимизация осуществляется по множеству параметров  $w$  при заданном виде дискриминантной функции.

Нами предлагается использовать способ решения задачи бинарной классификации, основанный на определении вероятности каждого «бита» двоичного вектора признаков.

Разделим все векторы  $\mathbf{x}_i$  на два подмножества  $X_-$  и  $X_+$ , так что

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_i &\in X_-, \text{ если } Y_i = -1 \text{ (P. abies)} \\ \mathbf{x}_i &\in X_+, \text{ если } Y_i = +1 \text{ (P. obovata)} \\ \mathbf{x}_i &= (x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, x_i^{(3)}, \dots, x_i^{(m)}) \end{aligned}$$

Для всех  $\mathbf{x}_i \in X_-$  подсчитываем число единиц на каждой  $j$ -ой позиции, записываем вероятности появления (0) и (1) в каждой позиции вектора:

$$X_- \begin{cases} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 4 & 2 & 3 & 4 & 0 \end{cases}$$

$$P-(1) = (4/5 \ 2/5 \ 3/5 \ 4/5 \ 0/5)$$

$$P-(0) = (1/5 \ 3/5 \ 2/5 \ 1/5 \ 5/5)$$

Аналогично для всех  $x_i \in X_+$  и подсчитываем число единиц для каждой  $j$ -ой позиции, записывая вероятности появления (0) и (1) в каждой позиции вектора:

$$\left. \begin{array}{ccccc} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 2 & 0 & 3 \end{array} \right\} X_+$$

$$P+(1) = (1/4 \ 1/4 \ 2/4 \ 0/4 \ 3/4)$$

$$P+(0) = (3/4 \ 3/4 \ 2/4 \ 4/4 \ 1/4)$$

Пусть новый объект для классификации характеризуется признаками  $x = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$ . Тогда алгоритм вычисления его принадлежности к одному из двух классов  $u$  (на рассматриваемом частном примере) можно записать как:

1. Пусть  $x_i \in X_-$ , тогда  $P_- = 4/5 \times 3/5 \times 2/5 \times 1/5 \times 5/5 = 0,0384$
2. Пусть  $x_i \in X_+$ , тогда  $P_+ = 1/4 \times 3/4 \times 2/4 \times 4/4 \times 1/4 = 0,023$
3.  $P_- > P_+ \Rightarrow x_i \in X_-$

Другими словами, вычисляем условные вероятности того, что вектор принадлежит тому или иному классу, предполагая, что признаки статистически независимы. Наибольшая полученная вероятность определяет соответствующий класс нового объекта. Приведенная задача позволяет достаточно просто решать задачу классификации, когда известен вектор  $x$ .

### Заключение

В статье представлен способ обработки данных, полученных в результате маркирования методом RAPD коллекции географических культур ели *P. abies* и *P. obovata* Лисинского учебно-опытного лесхоза. В качестве признака рассматривался факт “присутствия (1)” или “отсутствия (0)” фрагментов с одинаковой молекулярной массой на электрофореграмме. Задача двоичной классификации сводилась к тому, чтобы отнести каждый образец или пример (RAPD-фрагмент)  $x$  к одному из двух классов  $u$  (“*abies*-подобных” и “*obovata*-подобных”).

В работе рассмотрен только один способ решения задачи бинарной классификации, основанный на определении вероятности каждого “бита” двоичного вектора. Использование метода опорных векторов, а также метода  $k$  ближайших соседей являются темой для дальнейших исследований.

Работа выполнена при частичной поддержке Минобрнауки РФ по программе АВЦ «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2011 годы)» по проекту № 2.1.1/1790 (2.1.1/12910).

### **Литература:**

1. Егоров А.А., Бурцев Д.С., Орлова Л.В., Николаева М.А. Продуктивность видов и внутривидовых таксонов *Picea abies*, *P. fennica*, *P. obovata* в географических культурах на северо-западе России // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия Естественные и технические науки. № 8 (121). Петрозаводск. 2011. С. 59-63.
2. Копылова Т.А., Егоров А.А., Потокина Е.К., Орлова Л.В. Полиморфизм последовательности митохондриального гена *nad 1* у *Picea abies* (L.)H.Karst., *P. obovata* Ledeb. и *P. fennica* (Regel) Kom. // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. СПб.: СПб ГЛТУ. 2011. С. 72-76.
3. Орлова Л.В., Егоров А.А. К систематике и географическому распространению ели финской (*Picea fennica* (Regel) Kom., Pinaceae) // Новости систематики высших растений / Под ред. Н.Н. Цвелева. Т. 42. М., СПб.: Тов. науч. изд. КМК, 2011. С. 5-23.

**Ю. А. Жук**, кандидат педагогических наук, доцент  
**А. А. Канкасов**, магистр

## **НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА**

### ***Введение***

Разработка новой технологии визуализации лесных объектов является важным и перспективным направлением научного исследования, необходимым для создания виртуального пространства, в которое могут входить объекты, размерами от небольшой клумбы до громадных лесничеств. По сути, виртуальное пространство, содержащее такие объекты, как цветы, кусты, деревья и т.п., можно охарактеризовать как базу данных нового поколения, в которой каждое дерево в лесничестве, или даже цветок на городских клумбах, будет являться одним из множества объектов, имеющих присущие только ему видовые характеристики. Объекты содержащие большинство основных параметров, таких как название, размеры растения от рождения до отмирания, цветовой окрас, иерархическое место в цепи, продолжительность жизни и т. д., могут быть интерактивны в виртуальном пространстве. Это позволит, задавая параметры конкретного объекта или их групп, наглядно увидеть как будет идти рост и цветение. Интерактивность позволит прогнозировать площади, которые будут покрыты растениями, полноту и запас насаждений.

Тем самым создается единое рабочее пространство, позволяющее вести учёт древостоев и разрабатывать дальнейшие рубки и высадки. Также большое применение эта система найдет в ландшафтной сфере, можно будет спроектировать клумбу, сад или даже парк в реальном времени, увидеть как это будет выглядеть через несколько лет и во все времена года, что позволит точно знать, где, сколько и какого посадочного материала необходимо, составлять сметы и оформлять заказы. Все это может быть реализовано, если данная сеть будет включать в себя не только леса и парки, но и питомники, а также будет реализована передача данных между ними, по средствам сети интернет или с помощью собственной сети.

Целью работы является разработка методики и примера программного компонента, web приложения, содержащего в себе необходимые инструменты, и наглядное пособие, с помощью которых можно увидеть принцип работы новой модульной технологии визуализации лесных объектов, а также её основные возможности и преимущества при использовании.

### ***Различные способы визуализации объектов***

Визуализация в общем смысле - метод представления информации - в виде оптического изображения. Методы визуализации могут быть разделены на представления данных в одном, двух и трёх измерениях.

Наиболее распространена двумерная визуализация — изображение на плоскости, на листе бумаги - или на экране. Однако, благодаря развитию компьютерной техники и программного обеспечения всё большую роль начинают играть методы объёмной 3D-визуализации, как динамической (анимация, псевдостереоскопия) так и стереоскопической.

В современной науке и технике визуализация — неотъемлемый элемент обработки сложной информации о пространственном строении объектов. Посредством 3D визуализации возможно создание объёмных моделей любых объектов: цветов, кустов и деревьев, ландшафтов, а также различных технологических линий и узлов, наглядно демонстрирующих самые разнообразные инженерные решения в доступной для понимания форме. С помощью 3D моделирования можно добиться изображения, максимально приближенного к реальному виду.

Помимо статичного вида, предлагается анимация проектируемого объекта по оптимальному вектору «облёта», что даёт возможность представления как общей панорамы объекта, так и отдельных элементов конструкций.

Одной из возможностей трёхмерного моделирования, применительно к уже существующим объектам, является объединение цифровых фотоматериалов снимков объектов с их компьютерными моделями. Построение 3D модели осуществляется либо по архивным материалам, либо по результатам материалов инженерно-геодезических обмерных работ. Фотографии, необходимые для построения моделей, создаются посредством применения фотограмметрических методов, в результате чего полученные фотоснимки имеют измерительные свойства.

Так, путем наложения таких снимков на модели объектов, план, или на какую-либо схему, можно получить изображение, имеющее характеристики обоих компонентов.

Для примера продемонстрируем одно такое из таких наложений (рис.1в), используя изображение со спутника некоторой части парка Лесотехнического университета (рис.1а) и этой же части парка изображенной на плане (рис.1б).



а



б



в

Рис. 1. Пример совмещения изображений различного типа визуализации.



### ***3D визуализация в лесопарковом комплексе***

Отличие трехмерного изображения от двухмерного в том, что каждой точке изображения соответствуют не две, а три координаты. Так как отображение в обоих случаях происходит на плоском (двухмерном) экране монитора, то при трехмерном отображении необходимо проецирование (как правило, перспективное) всех точек в трехмерном пространстве на плоскость дисплея.



*Рис. 2.* Пример трехмерного изображения

На данном изображении (рис.2) модели выглядят достаточно реалистично, что позволяет детально разглядеть, какие-либо детали. И если здания, выполненные в трехмерном представлении, в основном создают для решения архитектурных и строительных задач, то 3D модели деревьев, кустарников и цветов используют для решения задач ландшафтного проектирования, планирование посадок деревьев, для обучающих целей.

В первом случае, особенно, важна детализация объектов, так как для построения ландшафта нужно наглядное представление о них, особенно внешний вид, цветовая гамма и сроки произрастания. Такие, хорошо детализированные модели деревьев, могут являться отличным визуальным пособием для изучения видового разнообразия пород, ведь трехмерность позволяет разглядеть объект со всех возможных ракурсов, под любым углом и с любым масштабом.

На основе таких моделей можно создать целые виртуальные библиотеки, с помощью которых можно будет детально изучать деревья, без необходимости идти в лес, тем более не в каждом лесу можно встретить нужного представителя флоры. Разработав программное обеспечение, способное управлять такими библиотеками, содержащее всю необходимую информацию по видовому разнообразию, имеющее средства

управления и навигации по моделям, можно создать виртуальную базу знаний, по средствам которой можно проводить дистанционное обучение, используя сеть интернет.

Особенностью данного типа визуализации является то, что совмещаются трехмерные модели и двумерные, а именно осуществляется возможность выбора и совмещение 3D объектов с 2D основой, которую может представлять любая графическая составляющая в виде плана, схемы или фото изображения. Эта основа будет являться подложкой для 3D объекта. Наложение такого типа будет осуществляться путем масштабирования, совмещения узловых точек и границ объекта с его двумерной составляющей. Пример такого совмещения представлен на рис. 3, где за основу взят план парка лесотехнической академии, на который были привязаны модели главного здания ЛТА и пихты европейской.



Рис. 3. Пример совмещения 3D объектов с 2D основой.

Сложность при создании такой системы состоит в том, что для обработки трехмерной графики моделей, с высокой детализацией, необходимо мощное аппаратное обеспечение, а так же сам программный модуль, должен быть разработан так, чтобы он максимально выгодно использовал эти аппаратные ресурсы. Разработанное приложение, содержащее графическую визуализацию, базы данных, можно использовать как новую систему, при работе с лесными объектами.

**В. А. Горбачёв**, кандидат экономических наук, доцент

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ КАФЕДРОЙ**

Проект «Управление кафедрой» (УК) предполагает создание программного обеспечения (программного комплекса) для решения задач информационной поддержки деятельности кафедры. Перечень решаемых задач строится на следующих информационных предпосылках:

- Нагрузке кафедры, передаваемой на кафедру из системы «Планы», включающей: перечень дисциплин, перечень групп по факультетам и курсам и объем нагрузки в часах и зачетных единицах;

- Сведения о преподавателях: личные сведения, закрепленные дисциплины;

- Рабочие программы дисциплин;

- Прочие сведения: графики отпусков;

Проектируемый комплекс программ должен решать следующие задачи:

- Распределять нагрузку по преподавателям и формировать индивидуальные планы преподавателей

- Информация о деятельности преподавателей: статьи, методические и учебные пособия, выступления и т.д.

- Формировать поручения диспетчерской;

- Составлять график занятий по лабораториям;

- Вести учет документов поступающих на кафедру;

- Обеспечить работу с индивидуальными планами с помощью WEB приложения;

- Хранить копию контингента студентов на семестр;

В результате решения этих задач должны формироваться следующие документы для печати:

- Индивидуальный план каждого преподавателя;

- Сводная нагрузка кафедры;

- График отпусков;

- Поручения диспетчерской;

- Рабочие программы дисциплин;

- График занятий по лабораториям.

### ***Постановка задачи***

Проект базируется на следующих блоках данных:

- Сведения о структурном подразделении (кафедре);

- Сведения о нагрузке, представляемые в виде файлов XML;

- Сведения о преподавателях;

- Рабочие программы дисциплин;

- Сведения о входящих и исходящих документах

Информация о кафедре включает расширенный комплекс данных, состоящий из сведений: о ВУЗе, о факультете и кафедре. Такая расширенная информационная структура позволит в дальнейшем наращивать функциональность (расширять перечень решаемых задач) проекта.

Сведения о нагрузке включают данные полученные из подсистемы «Планы» в виде текстового или XML файла и включают данные о распределении годовой нагрузки по дисциплинам, группам, учебным планам, ви-

дам занятий и т.д. Эти данные используются для решения задачи распределения нагрузки по преподавателям и создания индивидуальных планов преподавателей.

Сведения о преподавателях отражают не только личные данные, но и движение преподавателей, как в течение учебного года, так и от года к году. Кроме того структура данных о преподавателях должна поддерживать хранение информации о дисциплинах, которые он ведет и отражать всю деятельность каждого из преподавателей.

Структура данных о рабочих дисциплинах должна соответствовать структуре рабочей программы, форма и содержание которой приняты в академии.

Структура сведений о входящих, исходящих и внутренних документах должны соответствовать потребностям решения задачи документооборота кафедры.

Центральной задачей проекта является задача распределения нагрузки рассчитанной исходя из учебных планов и контингента студентов в подсистеме «Планы». Существующая программа DepNagr2009, осуществляющая решение этой задачи в рамках подсистемы «Планы», делает это очень неудобно и трудоемко. Так за преподавателем нужно закреплять каждую строку нагрузки, а это дискредитирует программу, так как кафедры давно используют принцип распределения нагрузки по закреплению дисциплин за ведущими преподавателями. По результатам распределения нагрузки должно формироваться поручение диспетчерской, которое будет использоваться для составления расписания. В рамках решения задачи распределения нагрузки необходимо предусмотреть возможность составления поручений для модульного проведения занятий. Кроме того необходимо предусмотреть форму распределения занятий по лабораториям кафедры, как при обычной так и при модульной форме проведения занятий. Удачное решение этой задачи позволило бы в значительной степени продвинуть процесс внедрения информационных технологий в управлении делами кафедры.

Другой важной задачей является планирование и регистрация фактической деятельности преподавателей. Деятельность преподавателей регламентируется индивидуальным планом преподавателя, основу которого составляет нагрузка преподавателя. Если преподавателю распределена нагрузка, то возможно рассчитать нормативную часть учебно-методической нагрузки. Кроме того в него включается научно-исследовательская, научно-методическая и другие виды деятельности. Приложение, реализующее ведение индивидуального плана должно обеспечивать не только планирование деятельности преподавателя в рамках существующей группы показателей, но и показателей в соответствии с показателями рейтинга академии. В рамках решения этой задачи желательно создать электронную базу учебных и методических пособий по дисциплинам кафедры, а так же статей преподавателей.

Как показывает опыт эксплуатации аналогичных систем, эти два приложения наиболее эффективно реализовать в виде двух компонентов:

- совокупности Windows форм, обеспечивающих распределение нагрузки администратором кафедры, планирование и учет обще кафедральных мероприятий;
- WEB форм позволяющих преподавателю просматривать и редактировать свой индивидуальный план через ИНТЕРНЕТ.
- Windows форм позволяющих вносить методические материалы в базу и WEB форм обеспечивающих доступ к методической и научной базам.

Следующей задачей проекта является задача ведения документооборота кафедры. Она включает в себя набор форм по ведению учета входных и выходных документов кафедры, ведение табеля посещаемости и другое.

В проект необходимо включить так же электронную картотеку рабочих программ дисциплин.

Хранение данных должно обеспечиваться либо с помощью SQL сервера, либо файлов баз данных mdf или mdb форматов. Выбор варианта хранения базы зависит от конфигурации и возможностей локальной сети кафедры. Разработку приложений предполагается вести с использованием Visual Studio 2010. В этом случае WEB приложения будут создаваться по технологии ASP.NET.

Для организации доступа к WEB приложениям возможны два пути:

- Создание собственного сервера с доступом к ИНТЕРНЕТ сети;
- Аренде хостинга на одном из серверов в ИНТЕРНЕТе.

Опыт внедрения подобных систем показывает, что первый вариант удобен с точки зрения разработчика и пользователей локальной сети академии, так как все WINDOWS приложения, установленные на кафедрах, имеют доступ к единой базе данных и легко решается дополнительная задача документообмена между кафедрами. В то же время подключение к внешнему IP адресу позволяет решить проблему распространения WEB приложений для работы преподавателей со своими индивидуальными планами. Кроме того, этот сервер может использоваться для решения задачи создания информационного портала публикационных материалов кафедр. В то же время создание и поддержание работоспособности сервера требует известных трудовых и материальных затрат.

Второй вариант не требует затрат для поддержания работы сервера, однако арендная плата хостинга для приложений ASP.NET с действующим SQL сервером достаточно высока. Кроме того всю систему придется создавать в виде WEB приложений, что не всегда удобно для использования в корпоративной сети.

На начальном этапе разработки за основу выберем первый вариант как более универсальный.

### Модель базы данных

Анализ предметной области приложения позволил разработать первоначальный вариант модели базы данных для решения указанных задач управления делами кафедры. В модели можно выделить следующие блоки данных: сведения о кафедре, преподавателях, дисциплинах кафедры, учебной нагрузке, индивидуальных планах преподавателей и документообороте кафедры. Все эти группы сведений объединены в единую реляционную модель. Данные блоков для удобства решения задач проекта выделены в подсхемы. Так, приложение решающее задачу ввода и изменения данных о кафедре использует модель описанную подсхемой представленной на рисунке 1. Сведения о преподавателях описываются подсхемой представленной на рисунке 2. Данные о дисциплинах кафедры и её нагрузке отражаются в подсхеме, представленной на рисунке 3. Рисунок 4 отражает подсхему со структурой данных для решения задачи создания и работы с индивидуальными планами преподавателей. И, наконец, на рисунке 5 отражена подсхема для решения задачи учета и реагирования на документы поступающие на кафедру.

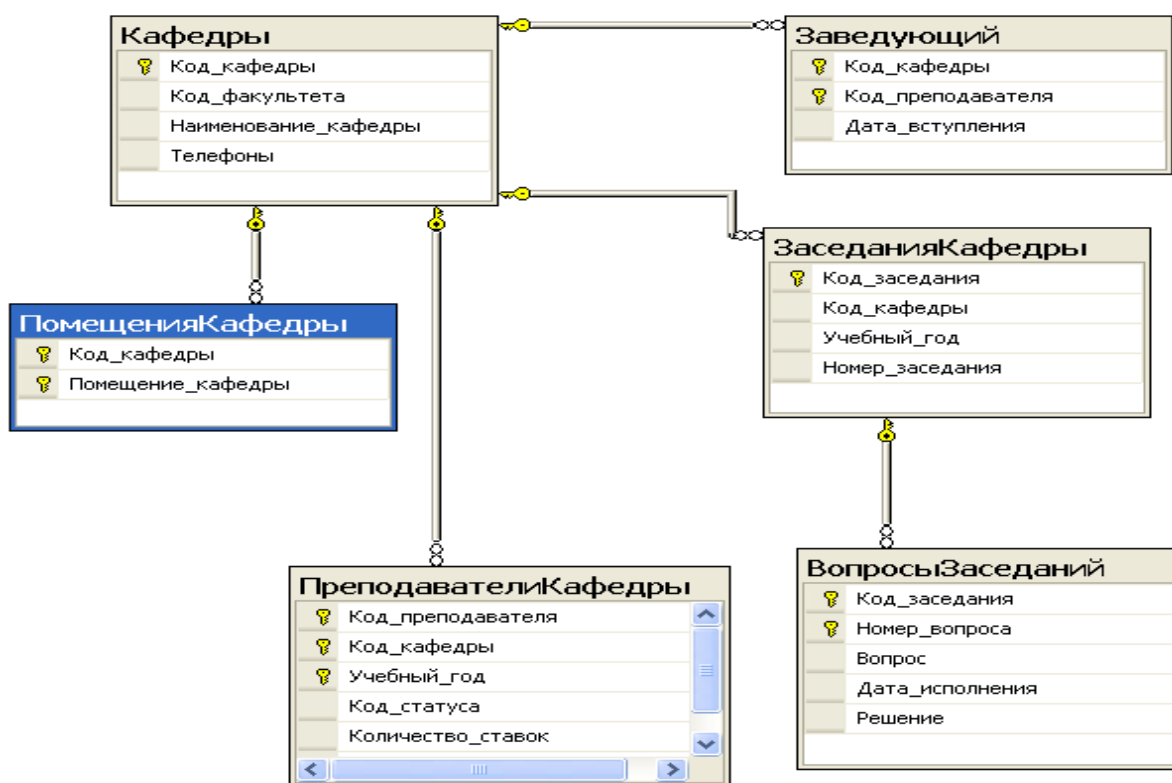


Рис. 1. Подсхема модели сведений о кафедре

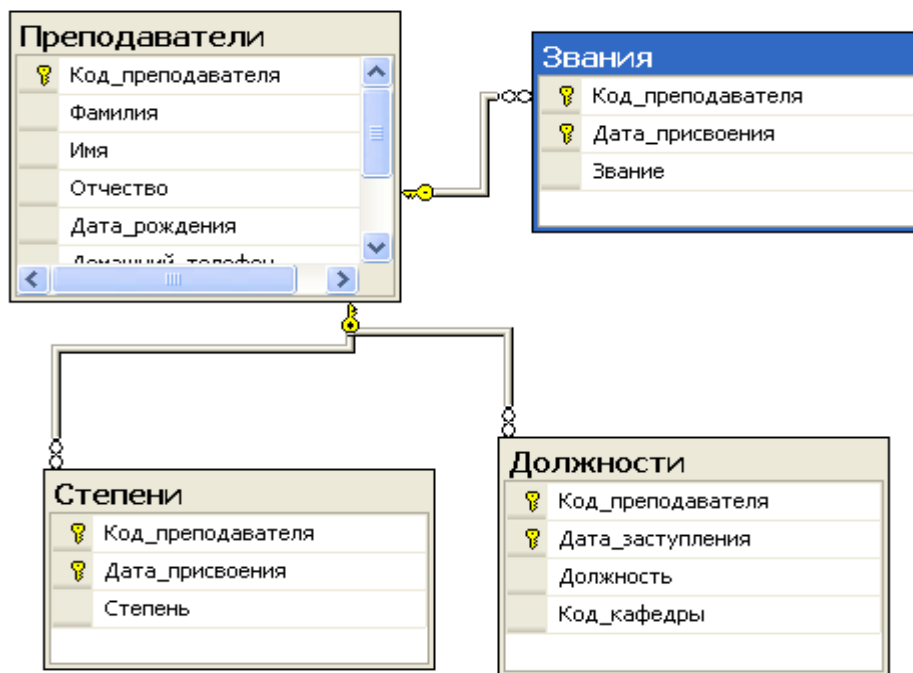


Рис. 2. Подсхема – сведения о преподавателях

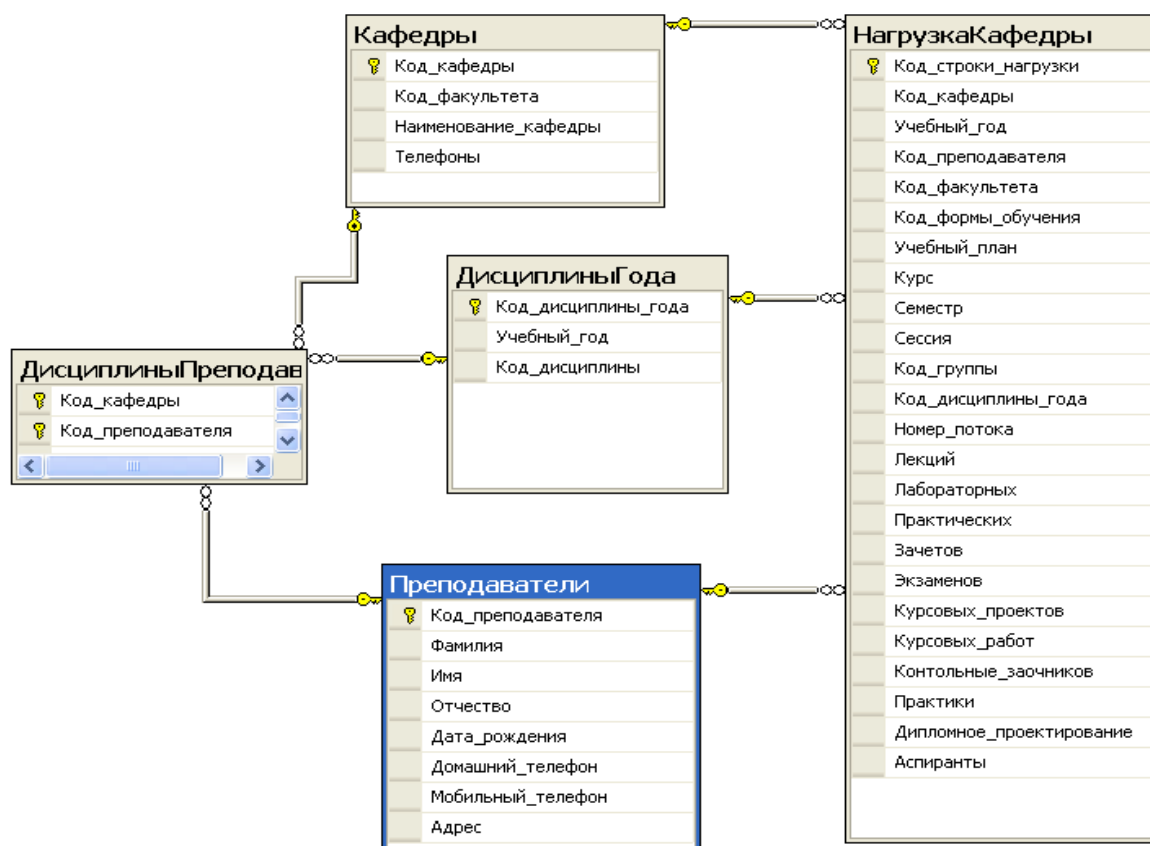


Рис. 3. Подсхема – учебная нагрузка кафедры

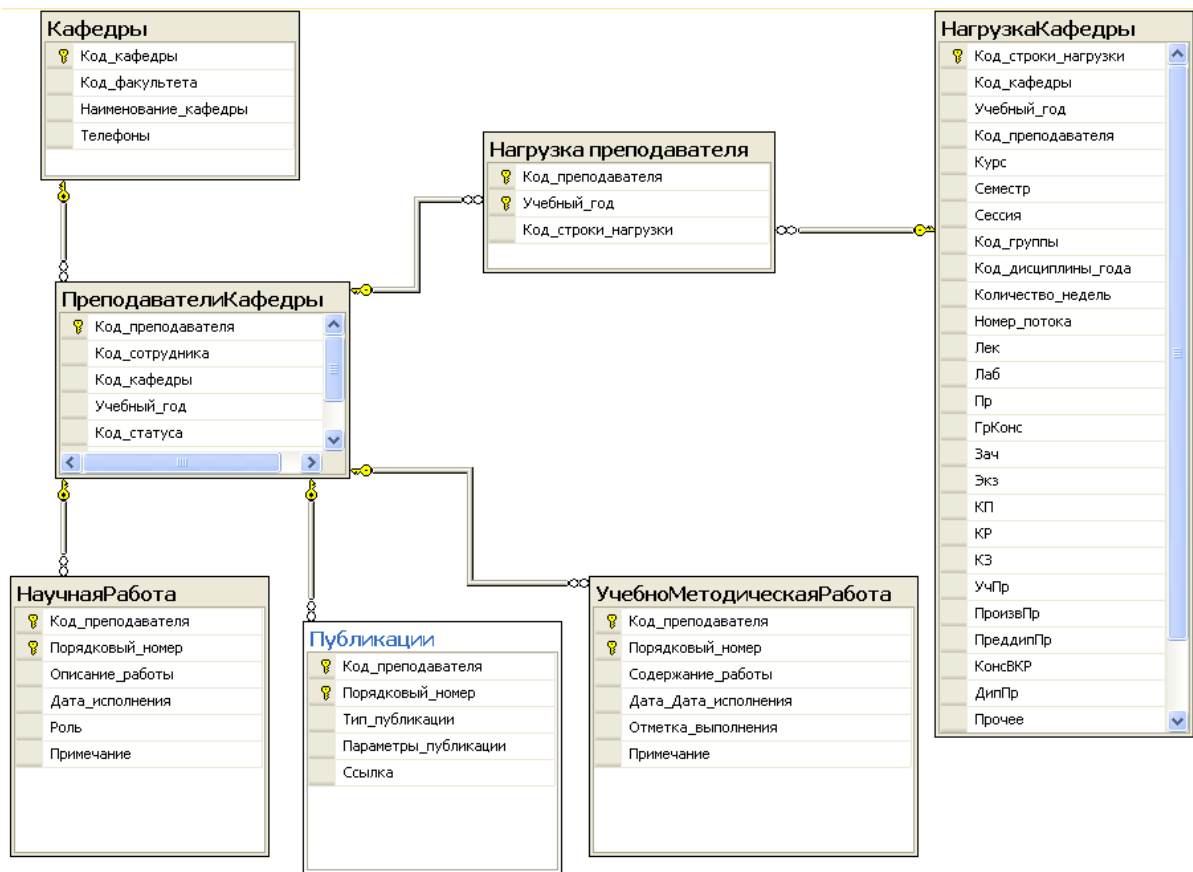


Рис. 4. Подсхема – индивидуальный план преподавателя

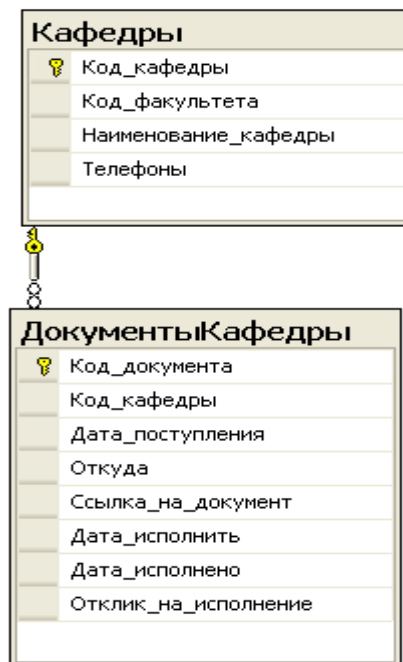


Рис. 5. Подсхема – учет документов кафедры



### ***Сценарий работы проекта***

Проект включает в себя следующие приложения:

- Учёт персонала кафедры;
- Распределение нагрузки полученной из подсистемы «Планы» по преподавателям;
- Создание и работа с индивидуальными планами преподавателей;
- Ведение справочников
- Учет принятия и исполнения решений кафедры;
- Учет документооборота кафедры.

### ***Проектирование приложения «Учет персонала кафедры»***

Приложение состоит из Windows форм, обеспечивающих следующие функции учёта персонала кафедры:

- Ввод сведений о персонале кафедре;
- Ведение списка преподавателей по учебным годам;
- Ведение табеля посещаемости.

### ***Проектирование приложения «Распределение нагрузки по преподавателям»***

Одним из основных функциональных направлений данного проекта является создание индивидуального плана (ИП) преподавателя. Индивидуальный план включает следующие информационные разделы:

1. Учебная нагрузка
2. Учебно-методическая нагрузка
3. Научная работа
4. Публикации

Учебная нагрузка формируется автоматически в соответствии со следующим алгоритмом. На каждый учебный год существует список преподавателей, данные о которых отражаются в макетах двух следующих форм. В первом из них отражаются фамилия, имя, отчество, статус, пароль и сведения о выбытии. Статус имеет следующие значения: штатный, внутренний совместитель, внешний совместитель и почасовик.

Список преподавателей на текущий учебный год

|   | Фамилия преподавателя | Статус | Ставок | Пароль | Выбыл |
|---|-----------------------|--------|--------|--------|-------|
| * |                       | ▼      | ▼      |        |       |

Закреплённые дисциплины

|   | Дисциплина | Второй преподаватель |
|---|------------|----------------------|
| * |            | ▼                    |

В графе «Ставок» указывается, на сколько ставок оформлен преподаватель. В графе «Пароль» задаётся пароль преподавателя. Он используется для доступа к данным индивидуального плана в WEB приложении, которое будет описано ниже. И, наконец, в графе «Выбыл» отмечается выбытие преподавателя, если он выбыл из состава кафедры в середине учебного года. Во втором макете формы указываются сведения о дисциплинах закреплённых за преподавателем. В ней перечисляются дисциплины, в которых выбранный в первой форме преподаватель является ведущим. В графе «Второй преподаватель» этой формы указывается преподаватель, который является вторым преподавателем при проведении лабораторных работ. В первой форме отражается список преподавателей создаваемый в приложении «Учет персонала кафедры». В форме со списком преподавателей вводятся только пароли, которые определяют сами преподаватели. В дальнейшем они могут быть изменены преподавателем в соответствующей WEB форме. При выборе строки преподавателя в первой форме во второй форме появляется список дисциплин, которые ведёт этот преподаватель. Список дисциплин может быть изменён заведующим кафедрой.

Следующий макет формы содержит данные об учебной нагрузке преподавателя. Эта нагрузка формируется из нагрузки кафедры формируемой в системе «Планы» и данных о закреплённых за преподавателем дисциплинах. Нагрузка формируется автоматически при нажатии кнопки «*Распределить по преподавателям согласно закреплённым дисциплинам*»

| Распределение нагрузки по преподавателям |      |         |        |            |        |       |
|--|------|---------|--------|------------|--------|-------|
| Преподаватель                            | Курс | Семестр | Группа | Дисциплина | Неделя | Номер |
|  |      |         |        |            |        |       |

Распределить по преподавателям согласно закреплённым дисциплинам

Данные в форме могут корректироваться в соответствии с необходимостью. Учебная нагрузка является обязательной частью индивидуального плана. остальные разделы, указанные выше, заполняются самим преподавателем. Заполнение этой информации может быть реализовано двумя способами. Первый показан на вкладке «Индивидуальные планы» следующего макета Windows формы. Макет предполагает следующий порядок действий. В форме «Преподаватели» выбирается строка с преподавателем и в соседнем окне отображается его нагрузка. Далее преподавателем заполняются сведения об учебно –методической работе, научной работе и публикациях. Работа в таком режиме возможна только в интрасети кафедры. Для обеспечения возможности работы с индивидуальным планом дома через интернет необходимо создать WEB приложение, макет которого будет предложен в следующем разделе.

Учебный год: 2010-2011 Кафедра: Экономики и управления деревоперерабатывающих производств (менеджмент) Нагрузка

Кафедра Заседания Документы Сотрудники Преподаватели **Нагрузка** Индивидуальные планы Справочники Импорт из ДЕКАНАТА

**Преподаватели**

|   | Преподаватель | Ставок | Выбыл | Пароль |
|---|---------------|--------|-------|--------|
| * |               |        |       |        |

**Нагрузка преподавателя**

|   | Курс | Семестр | Сессия | Код_группы | Код_дисцип. | Количество |
|---|------|---------|--------|------------|-------------|------------|
| * |      |         |        |            |             |            |

**Учебно-методическая работа**

|   | № п/п | Отметка_вы | Примечание |
|---|-------|------------|------------|
| * |       |            |            |

**Научная работа**

|   | № п/п | Описание работы |
|---|-------|-----------------|
| * |       |                 |

**Публикации**

|   | № п/п | Тип | Издание |
|---|-------|-----|---------|
| * |       |     |         |

### ***Работа с индивидуальными планами преподавателей в WEB приложении***

WEB приложение для работы с индивидуальными планами состоит из нескольких взаимодополняющих WEB форм, макеты и взаимодействие которых будут иметь следующий вид. Главная форма при открытии приложения должна иметь примерно следующий макет.

Дизайн макета можно оформить по своему усмотрению. После выбора кафедры и нажатия кнопки «Индивидуальные планы» должна открыться WEB форма примерно такого вида.

**Индивидуальные планы преподавателей** [ [Войти](#) ]

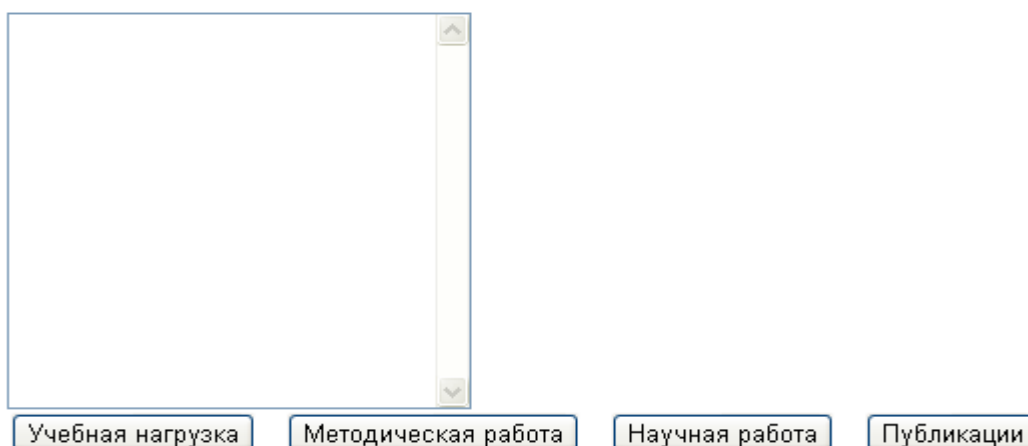
**Список кафедр**

|  |
|--|
| Экономики и управления деревоперерабатывающих производств (менеджмент)               |
| Экономики и управления лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов (экономика) |
| Информатики и информационных систем  |
| Бухгалтерского учета и аудита  |
| Маркетинга и основ менеджмента   |
| Экономической теории   |
| Математические методы и моделирование в экономике и управлении                       |

**Индивидуальные планы**

## Разделы индивидуальных планов по преподавателям

### Список преподавателей



В элементе Список (ListView1) должен появляться список преподавателей выбранной в предыдущей форме кафедры. Далее при нажатии одной из перечисленных кнопок открываются WEB формы отражающие соответствующие таблицы базы данных с помощью элемента управления DataGridView. Макеты этих форм разрабатываются аналогично.

Данная публикация может рассматриваться как техническое задание на разработку проекта программного комплекса «Управление делами кафедры»

**М. О. Лебедев**, кандидат технических наук, доцент

## ОРГАНИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ДИНАМИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫХ И РЕГИСТРИРУЮЩИХ СИСТЕМАХ

Любая информационно-поисковая и регистрирующая система (ИПРС) предполагает использование баз данных (БД). Классический подход при определении структуры и создании БД состоит из следующих этапов:

1. определение объектов, информация о которых будет храниться в БД;
2. определение атрибутов объектов.

Состав объектов определяет состав таблиц БД (одна таблица – список однотипных объектов; одна строка – запись таблицы – один объект), атрибуты объектов – состав полей этих таблиц, связи между объектами – состав полей, по которым осуществляется связь таблиц БД. С точки зрения организации данных все таблицы могут быть отнесены к одному из 3-х типов: основной список, журнал/информационный блок,

справочные таблицы. Пример такой БД показан на рисунке ниже.

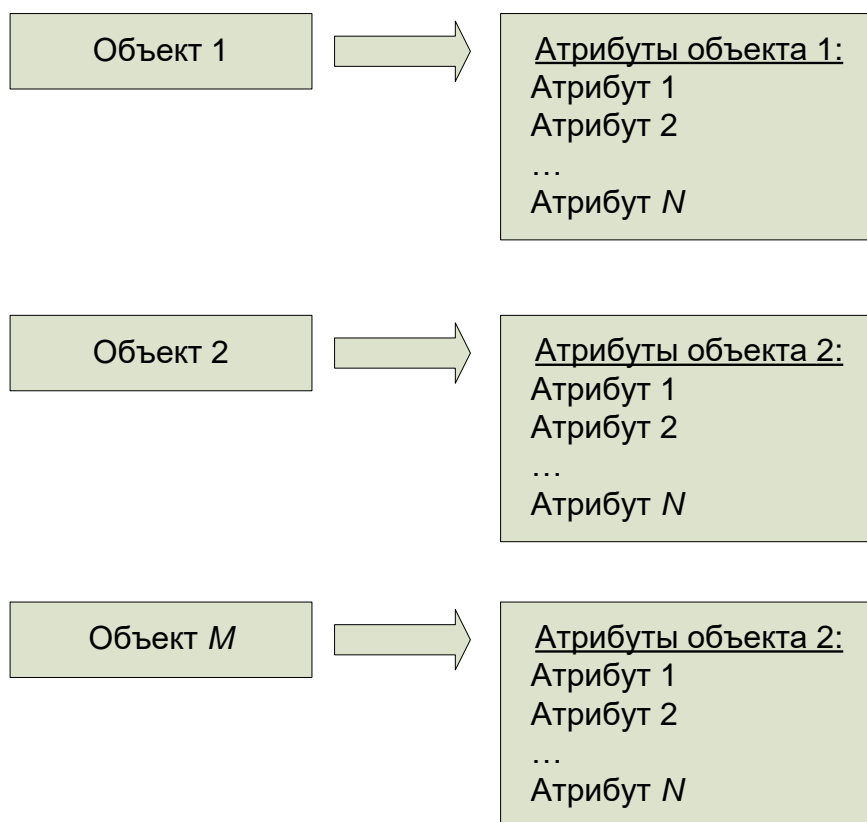


Рис. 1. Совокупность объектов и их атрибутов.  
определение связей между объектами

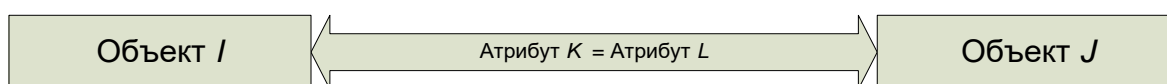


Рис. 2. Определение связи между объектами

Каждая таблица – это совокупность данных разного типа (числовые, строковые и т. д.), записи которой определяют один объект. Характер связей между таблицами определяет тип таблицы (или целевое назначение таблицы) в БД.

Каждая запись основной таблицы (основного списка) определяет основную единицу хранения в информационной системе. Например, список студентов ВУЗа, список учащихся школ, список пациентов больницы, список производимой продукции, список товаров и т. д. Основной список в общем случае может быть представлен не единственной таблицей (как показано на рис.3), а представлять собой выборку из высоко нормализованных (не ниже третьей нормальной формы) таблиц базы данных.

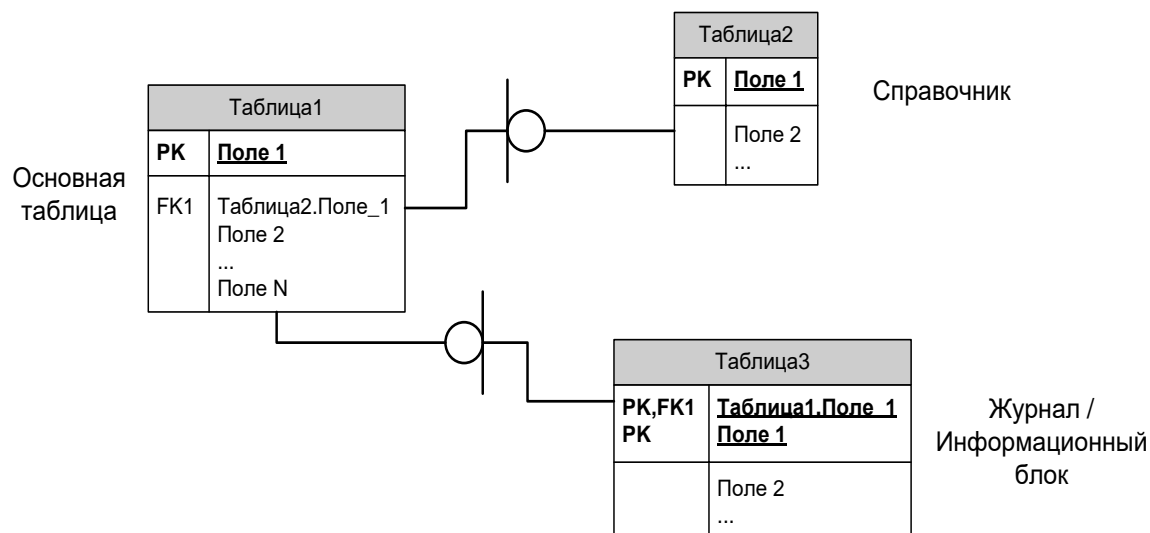


Рис. 3. Пример классической структуры БД (организации данных)

Под информационным блоком будем понимать некую совокупность параметров, описывающих каждый элемент основного списка. Состав параметров может изменяться при переходе от одного элемента основного списка к другому. В этом случае состав параметров определяется значением какого-либо поля (или каких-либо полей) основного списка. Этот блок содержит актуальную информацию и не содержит историю изменения этой информации.

Под журналом будем понимать некую совокупность параметров, каждое изменение которой регистрируется как отдельная запись. Совокупность параметров связана с элементами основного списка. Журнал содержит историю (движение) параметров, описывающих каждый элемент основного списка.

Преимущество классического подхода организации данных - скорость получения информации об объекте. Серьезным недостатком классического подхода является необходимость изменения структуры БД и программного обеспечения при изменении состава объектов, состава атрибутов объектов, или связей между объектами. Этот недостаток может существенно влиять на принятие решения о целесообразности работ по изменению БД и самой ИПРС. В результате ИПРС не будет решать реально необходимые задачи.

Таким образом, задача может быть сформулирована следующим образом: организовать структуру данных так, чтобы свести к минимуму (а в идеале полностью исключить) необходимость изменения этой структуры и программного обеспечения при изменении состава объектов и их атрибутов. ИПРС, отвечающие этим требованиям, будем называть динамическими ИПРС.

Решение этой задачи базируется на анализе атрибутов объектов (выделенных при первичном анализе и возможных). Все атрибуты всех объектов представляют собой данные определенного типа (строковые данные, целочисленные, вещественные и т.п.). В классическом варианте объект – это таблица (или совокупность связанных таблиц), в которой хранятся данные различных типов. По-сути, каждая таблица хранит описание объекта (состав полей таблицы) и данные объектов (записи в таблице). Если разделить описание объектов и хранимые данные, то тогда каждый тип данных можно хранить в отдельной таблице (таблица, хранящая только целочисленные данные, таблица, хранящая только данные типа «Дата» и т.д.). При этом в таблицах, хранящих данные, должны быть поля, определяющие, к какому объекту относятся эти данные. Очевидным преимуществом такой организации данных является то, что изменение как состава объектов, так и атрибутов объектов не будет менять структуры БД. Эти изменения затронут только описательную часть информационной системы.

Описание объектов может иметь вид, показанный на рисунке

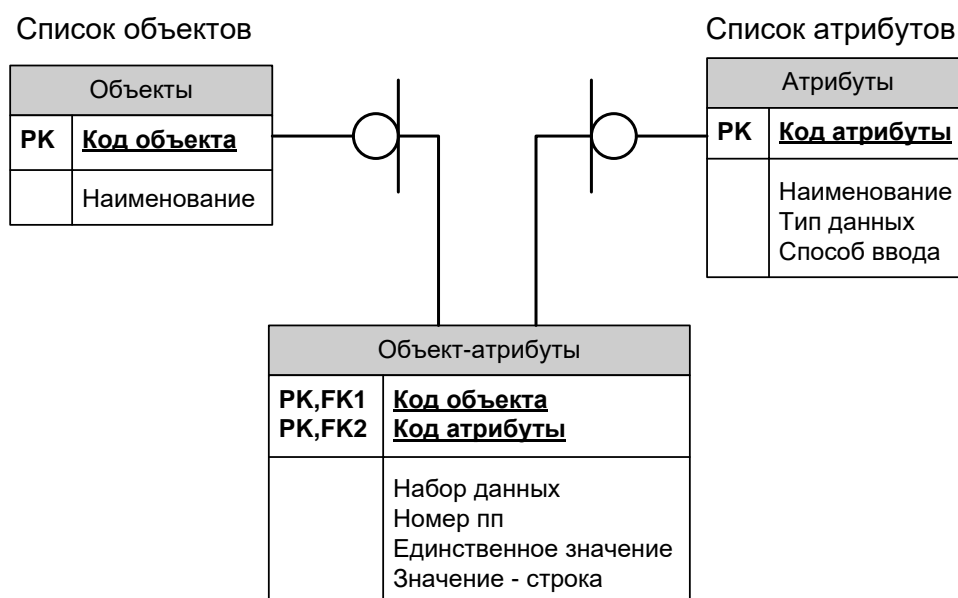


Рис. 4. Описание объектов динамической ИПРС

Таблица «Список объектов» содержит все объекты ИПРС. Изменение состава объектов (добавление нового, удаление не нужного) не требует изменения структуры БД, а корректирует саму таблицу «Список объектов» и связанных с ней таблиц.

Таблица «Список атрибутов» - список всех атрибутов всех объектов данной ИПРС. Фактически - это «библиотека атрибутов». Поле «Тип данных» этой таблицы определяет, в какой из таблиц хранения данных будут находиться данные этого атрибута (каждая из таблиц хранения «специализируется» на хранении данных определенного типа). Поле «Способ ввода» указывает, как в пользовательской программе будут присваиваться значения этому атрибуту: вручную, выбираться из списка (в



этом случае должен быть определен список значений; это может статический список значений или специальная справочная таблица), количество значений из списка (одно или несколько; например, если атрибут «Пол», то возможен выбор одного значения из списка «Мужчина»/«Женщина», а если атрибут «Характеристика семьи», то у этого атрибута может быть несколько значений – «Полная»/«Не полная», «Малоимущая»/«Обеспеченная» и т.п.).

Таблица «Объект-атрибуты», фактически, представляет собой описание БД в классическом понимании. Эта таблица определяет набора данных – таблицы в классическом понимании - (поле «Набор данных»), в которых находятся объекты и их атрибуты. Для этого поля могут быть установлены определенные правила. Например, если поле «Набор данных» имеет значение «0», то это основной список, если «1», то это информационный блок и т.д. Поле «Номер пп» определяет порядок отображения атрибута в наборе данных. Поле «Единственное значение» - логическое. Значение ИСТИНА означает, что для данного объекта и атрибута допустимо только единственное значение. Если допускается множество значений, то значение этого поля ЛОЖНО. Поле «Значение-строка» имеет смысл если значение поля «Единственное значение» - ЛОЖНО. Если поле «Значение-строка» имеет значение ИСТИНО, то каждое новое значение атрибута показывается отдельной записью (фактически определяет подчиненную таблицу в классическом понимании). Если значение ЛОЖНО, то все значения показываются в одной ячейке/компоненте (аналог поля типа Метод).

Все таблицы хранения данных, специализирующиеся на хранении данных определенного типа, в данном случае будет иметь общий состав полей:

1. поля, определяющие, к какому объекту и атрибуту относятся данные;
2. поле, в котором хранятся данные атрибута.

Тогда обобщенная структура данных динамической ИПРС может иметь вид

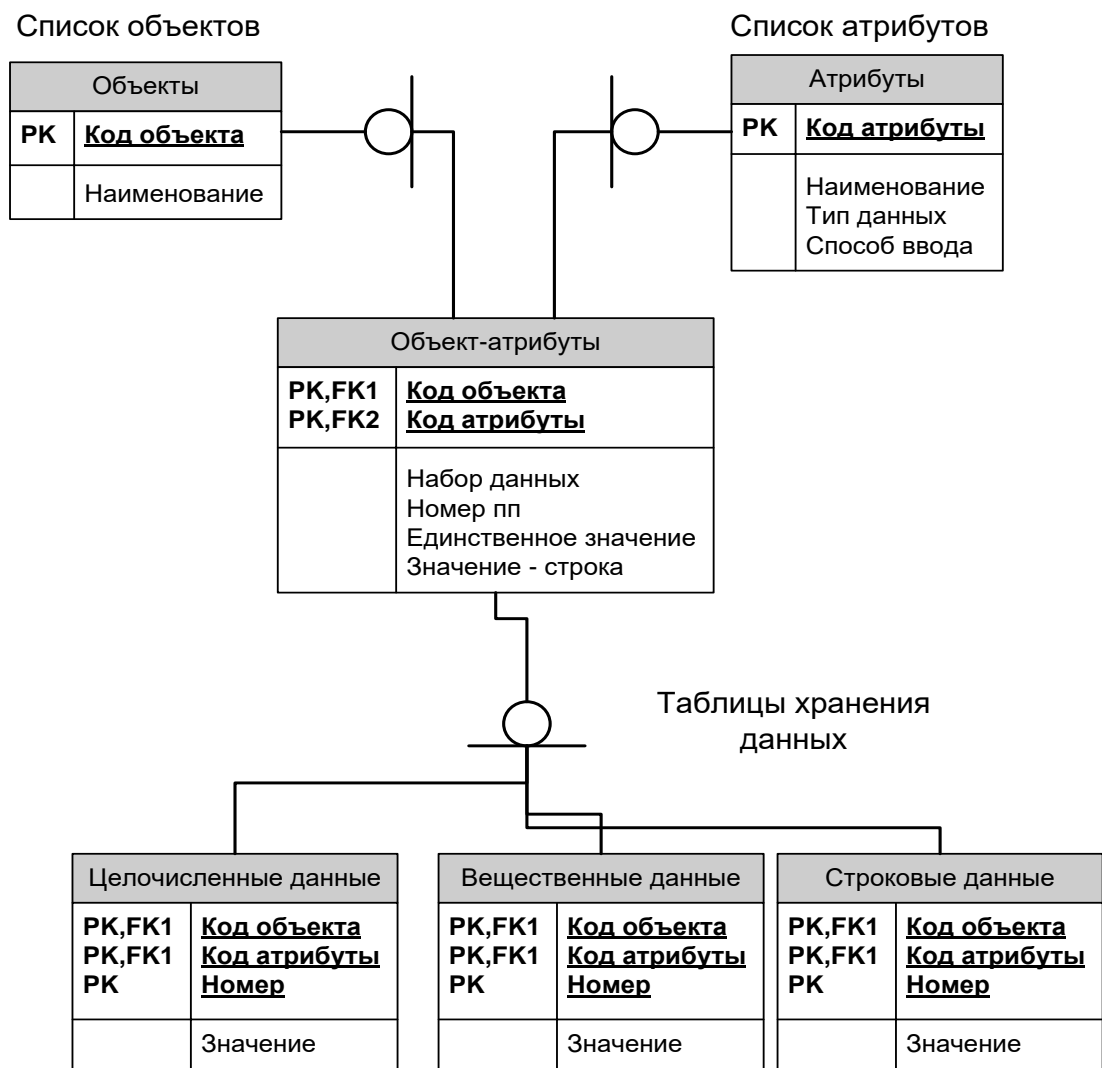


Рис. 5. Обобщенная структура данных динамической ИПРС

Количество таблиц хранения определяется количеством различных типов данных всех атрибутов всех объектов ИПРС (в том числе и прогнозируемых атрибутов). Все таблицы хранения отличаются друг от друга только одним полем – полем «Значение». Для каждой таблицы это поле имеет свой тип данных.

Такая организация данных полностью отвечает требованиям динамической ИПРС, по крайней мере, в части структуры данных. Добавление/удаление какого-либо атрибута и/или объекта не требует изменения структуры БД. Она требует внесения изменений в таблицы описания данных. После чего, программное обеспечение получает доступ к новым объектам/атрибутам.

Обязательным требованием для динамической ИПРС является неизменность алгоритма работы с данными (отображение данных, редактирование данных, отображение данных, алгоритмы формирования запроса на поиск). Удовлетворение этому требованию позволяет сделать программное

обеспечение полностью не зависящим от состава объектов и их атрибутов, т. е. полностью удовлетворяет требованиям динамической ИПРС.

Недостатком такой организации данных является увеличение количества связей между хранящими данные таблицами, что приводит к уменьшению скорости доступа к конкретному объекту по сравнению с классическим подходом. Этот недостаток является платой за универсальность ИПРС, возможность ее адаптации к условиям эксплуатации.

**И. В. Ганичев**, кандидат технических наук, доцент  
**С. В. Киселева**, доцент

## **РАЗРАБОТКА МАГИСТРАМИ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Направленность, предмет и содержание дисциплины "Методы исследования и моделирования информационных процессов и технологий" определяют важный аспект **конкурсной разработки** комплекса моделей информационных процессов и технологий.

Анализ информационных процессов и технологий, рассматривается в рамках трех направлений:

1. учебного процесса дисциплины "Методы исследования и моделирования информационных процессов и технологий";
2. самостоятельной работы магистров;
3. реализации курсового проекта.

Конкурс мотивирует исследовательскую работу магистра. Наряду с курсовым проектом магистром подготавливается доклад на конференцию кафедры "Информационные системы и технологии". При личном представлении стендового доклада или выступлении на конференции с учебной презентацией, безусловно, повышается рейтинг магистра и мотивация.

Дальнейшая мотивация при успешном представлении доклада на конференции магистром связана с возможностью публикации его работы в кафедральном сборнике ""Информационные системы и технологии: теория и практика", что важно для подведения итогов и особо ценно для характеристики уровня разработки и результативности магистерской диссертации.

Учебные задачи при новом подходе к формам организации занятий: лекции читаются как установка на самостоятельную работу, лабораторная работа несет элементы исследований, тесно связаны с интерактивными формами и проектно-созидательными технологиями обучения с опорой на различные методы исследований.

**Актуальность работы.** Раннее вовлечение в проблемы исследовательской работы благотворно влияет на мотивацию и активность изучения всего комплекса учебных дисциплин магистра.

**Цель работы.** Формирование и закрепление у выпускников, начиная с 1-го курса магистратуры компетенций, знаний, умений и навыков по требованиям ФГОС в различных сферах их приложения.

**Задачи.** Сформулируем задачи для достижения указанной цели:

- освоение магистрами теоретического материала, включенного в цикл лекций,
- выполнение магистрами предусмотренных рабочей программой лабораторных работ, курсового проекта и его публичной защиты,
- активное участие магистров в практических занятиях и семинарах, интерактивных презентациях,
- активная самостоятельная работа магистров, включая выполнение домашних заданий, других учебных заданий, в том числе по поиску в Интернете,
- повышение интереса к проводимым исследованиям,
- своевременная консультация, контроль текущей и промежуточной успеваемости и принятие необходимых мер по их итогам.

**Место дисциплины.** Формирует навыки и умения, необходимые в работе выпускника при подготовке магистерской диссертации и в ходе всего учебного процесса на старших курсах обучения (рис.1).

Изучение дисциплины требует компетенций, знаний, умений и навыков, предусмотренных курсом бакалавриата по направлению 230400 «Информационные

системы и технологии». Сама же она необходима для следующих дисциплин учебного плана:

- Модели информационного представительства подразделений лесного хозяйства в Web,
- Технологии размещения и доступа к информационным ресурсам распределенных информационных систем,
- Научно-исследовательская работа (распределенная по семестрам).

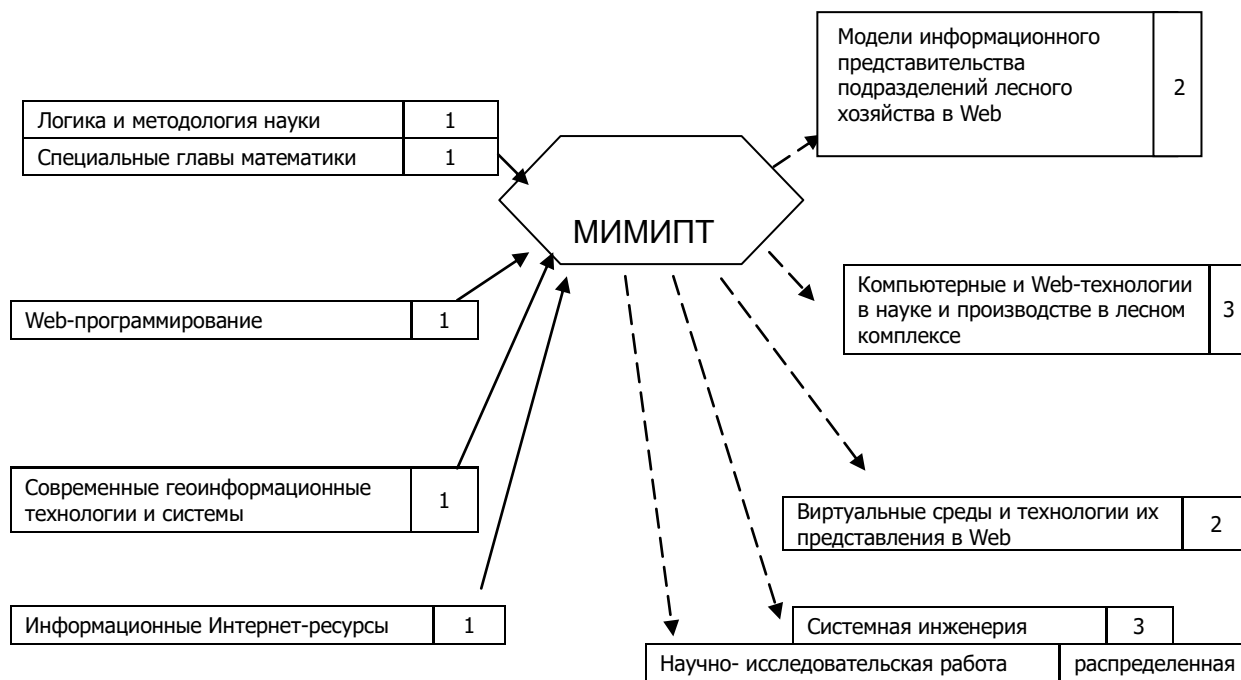


Рис.1. Предшествующие и обеспечиваемые данной дисциплиной науки

### Разработка состава комплекса и тематики моделирования.

Для разработки комплекса моделей "информационных процессов и технологий" на фоне формируемых навыков и умений определим средства реализации или базовые темы исследований (табл.1).

В исследовательской работе целесообразно применять такие методы как: абстрагирование, анализ и синтез, аналогия, индукция и дедукция, классификация, эксперимент, наблюдение, моделирование, обобщение, прогнозирование, эвристика, ассоциации.

## Элементы исследований как инновации

| В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:  |  |   |
|---|--|---|
| Знать (базовая тема или средство)   | Уметь  | Владеть   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы анализа и синтеза информационных систем (<b>методология системного анализа</b>);</li> <li>- концептуальные и формальные модели информационных систем (<b>машина Тьюринга</b> и семантические <b>разрывы функционально-структурных моделей ИС</b>);</li> <li>- средства структурного анализа (<b>SADT</b>);</li> <li>- методологию структурного системного анализа и проектирования;</li> <li>- модели предметных областей информационных систем (<b>UML моделирование, StarUML</b>);</li> <li>- модели дискретных объектов и явлений реального и виртуальных миров (<b>WAE-приложения, Web Application Extension</b>);</li> <li>- математические модели информационных процессов и концепции <b>технологий</b> (отработка <b>логической основы технологий; нейрообработка, AJAX</b>);</li> <li>- анализ структур информационных систем</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать модели предметных областей (<b>темы исследований 1-5</b>);</li> <li>- проводить исследования характеристик компонентов и информационных систем в целом (<b>темы исследований 6-15</b>)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа и синтеза информационных систем;</li> <li>- методами разработки математических моделей информационных систем</li> </ul> |

## Тематика установочных лекций по методам исследований и моделированию

Т а б л и ц а 2

### Разделы курса и темы самостоятельного изучения

| № раздела курса и темы самостоятельного изучения  | Содержание вопросов и заданий для самостоятельно го изучения                                       | Сроки выполнения (неделя, месяц)                 | Количество часов              |
|---|--|--|-------------------------------|
| 1   | 2  | 3  | 4                             |
| <p>1. <b>Введение.</b> Содержание предмета, его цели и задачи. Классификация систем. Информационные процессы и технологии. Задачи, методы исследования и системного моделирования. Система и ее части. Альтернативы декомпозиции сложной системы в рамках цепочки "извлечение, транспортирования, хранения, обработки, представления, информационная поддержка управления". Синтез в расширенном морфологическом базисе. Соотношение компьютерной, структурно-функциональной и WEB- технологий. Программные средства и развитие методов исследований в науке, образовании и практике.</p> <p>2. <b>Современные информационно-аналитические технологии структурного системного анализа.</b> Графические языки концептуального и функционального моделирования систем. Методология SADT - контекст описания системы в целом (IDEF0), модель (IDEF3) потоков работ (как алгоритмической составляющей) с выявляемой декомпозицией в виде описания и сценария для их детализации; иерархия диаграмм потоков данных (DFD); методология построения модели данных (ERD сущность - связь, или IDEF1 как эквивалент реляционной модели)</p> | <p>Описание предметной области</p> <p>Жизненный цикл проекта</p> <p>Вопросы внедрения проектов</p> | <p>1-6</p> <p>7-10</p> <p>11-14</p> <p>15-18</p> | <p>18</p> <p>18</p> <p>18</p> |

| № раздела курса и темы самостоятельного изучения  | Содержание вопросов и заданий для самостоятельного изучения                               | Сроки выполнения (неделя, месяц) | Количество часов |
|---|---|----------------------------------|------------------|
| 1   | 2   | 3                                | 4                |
| <p><b>3. Объектно-ориентированный анализ и моделирование систем.</b> Базовый язык UML иерархического построения моделей со специальными графическими конструкциями. Унифицированный язык моделирования как система знаков, средства общения, мыслительной деятельности и самосознания, средства хранения и передачи информации. Чтение и создание несложных UML-моделей. Основы использования CASE-средств для UML-моделирования. Обзор открытых (с развитыми функциями поддержки командной разработки ПО) и коммерческих CASE продуктов. Разработка Web-приложений с использованием UML. Профайлы Web Application Extension (WAE), пакет StarUml</p> <p><b>4. Информационные модели принятия решений.</b> Методология нейрокомпьютерного моделирования. Введение в инструментарий нейронных сетей. Возможности нейронных сетей. Выбор и адаптация передаточной функции, использование фильтра Калмана. Круг проблем, решаемых искусственными нейронными сетями.</p> <p>Классические методы, альтернативные нейронным сетям: детерминантный анализ, классификация, факторный анализ</p> | <p>Исследование возможностей описаний UML-моделей</p> <p>Сравнительная оценка методов</p> |                                  |                  |



| № раздела курса и темы самостоятельного изучения  | Содержание вопросов и заданий для самостоятельного изучения                     | Сроки выполнения (неделя, месяц) | Количество часов |
|---|---|----------------------------------|------------------|
| 1   | 2   | 3                                | 4                |
| <p>5. <b>Сетевая Web-технология AJAX.</b> Основы создания объектной комплексной сетевой технологии. Анализ комплекса решаемых задач. Технологические основы решения задачи регистрации пользователей</p> <p>6. <b>Компьютерное моделирование и оценка эффективности информационных систем.</b> Практическое моделирование и оценка эффективности систем в среде MatLab, Simulink и StateFlow. Стратегическое и тактическое планирование модельного эксперимента. Пример оценки подсистемы передачи информации и систем массового обслуживания</p> | <p>Функции объектов</p> <p>Использование методов планирования экспериментов</p> |                                  |                  |

### Тематика исследовательских работ и курсовых проектов

| № п/п вид | Наименование  | К-во часов | Отметки |
|-----------|---|------------|---------|
| Лр 1.     | Алгоритм и машина Тьюринга. Семантические разрывы           | 4          |         |
| Лр 2.     | Эмуляция машины Тьюринга. Программирование                  | 4          |         |
| Лр 3.     | Страты и модель ЭВМ   | 2          |         |
| Лр 4.     | Модель АЦП в Маткад'е                                       | 2          |         |
| Лр 5.     | Освоение SciLab и симуляция в различных предметных областях | 4          |         |
| Лр 6.     | Освоение SciLab и симуляция АЦП                             | 6          |         |
| Лр 7.     | Исследование технологий процессов фильтрации                | 6          |         |
| Лр 8.     | Модель фильтра Калмана                                      | 4          |         |
| Лр 9.     | Модель адаптивного фильтра                                  | 4          |         |
| Лр 10.    | Освоение пакета StarUML, расширение WAE                     | 4          | КР      |
| Лр 11.    | Технологии AJAX. Объектный подход                           | 6          | КР      |
| Лр 12.    | Концепции регистрации в информационных системах             | 4          | КР      |
| Лр 13.    | Логические нейронные сети                                   | 4          | КР      |
| Лр 14.    | Технологии обучения нейронной сети                          | 4          | КР      |
| Лр 15.    | Технологии моделирования функционирования процессора        | 4          | КР      |
|           |   | 62         |         |
|           | <b>Тематика презентаций и докладов</b>                      | 10         |         |
| 1.        | Модели UML  | 2          | КР      |
| 2.        | Логические нейронные сети                                   | 2          |         |
| 3.        | Технологии обучения нейронной сети                          | 2          |         |
| 4.        | Технологии AJAX. Применение в Web программах                | 2          |         |
| 5.        | Технологии облачных вычислений                              | 2          | КР      |

Заключение. Освоение элементов и методов исследований магистров как инновации включены в результаты освоения дисциплины.

**Н. П. Васильев**, кандидат физико-математических наук, доцент

## **К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТОВ**

### **Введение**

В последнее время стали популярными всевозможные системы электронного тестирования. Эти системы предлагают различные варианты постановки вопросов и ответов. Чаще всего, тестируемому субъекту задается вопрос и предлагается несколько вариантов ответов, среди которых он должен выбрать правильный вариант. Полный тест может состоять из ряда таких вопросов. Результат тестирования можно оценить по количеству правильных ответов, точнее, по отношению этого количества к общему количеству поставленных вопросов. Однако в такой трактовке возникает масса неясных вопросов.

Во-первых, насколько можно доверять таким результатам. Дело в том, что по отношению к проверяющему субъекту количество правильных ответов выступает в качестве случайной величины, на основе выборочного значения которой должен быть сделан вывод о знаниях тестируемого субъекта.

Во-вторых, возникает задача о подходящем количестве вопросов в тесте, а также о подходящем количестве ответов, которые гарантировали бы приемлемую достоверность теста.

### **Постановка задачи**

Попытаемся сформулировать задачу более точно. Пусть тест содержит  $n$  вопросов. Для простоты будем считать количество ответов фиксированным и равным  $s$ . Истинные знания тестируемого субъекта будем характеризовать вероятностью  $p$ , определяющей выбор правильного ответа среди  $s$  предлагаемых ответов. Тогда задача оценки знаний сводится к оценке этой вероятности.

По поводу трактовки самой этой вероятности предлагается следующий подход. Если тестируемый субъект не обладает знаниями, то разумно предположить, что его выбор носит абсолютно случайный характер и тогда  $p = 1/s$ . Эта вероятность соответствует неудовлетворительной оценке. На самом деле, следует ожидать, что эта вероятность несколько выше, если при отсутствии знаний при ответах пользоваться эвристическими соображениями.

Вероятность  $p = 1$  в идеальном случае соответствует абсолютным знаниям и, таким образом, соответствует пятерке. Тройке и четверке логично сопоставить некоторые равноотстоящие промежуточные значения. Например, для наиболее популярной ситуации, когда  $s = 4$  имеем:

Т а б л и ц а 1

Вероятности успешных ответов и соответствующие им оценки

| Р       | 0.25                      | 0.5                    | 0.75       | 1           |
|---------|---------------------------|------------------------|------------|-------------|
| Оцен-ка | 2 (неудовле-творительно.) | 3 (удовлетво-рительно) | 4 (хорошо) | 5 (отлично) |

Согласно сказанному выше, вероятность соответствующую неудовлетворительной оценке следует повысить: например, пусть эта вероятность равна 0.3. Вероятность, соответствующую отличной оценке, наоборот, следует понизить, поскольку возможны неправильные ответы, связанные, например, с невнимательностью тестируемого субъекта. Пусть эта вероятность равна 0.95.

Таким образом, процесс тестирования представляет собой известную схему испытаний Бернулли и связанную с ней задачу оценки вероятности успеха  $p$ .

#### Достоверность теста

Рассмотрим крайнюю ситуацию, когда тестируемый субъект ничего не знает, что соответствует вероятности  $p=0.3$ . Даже при такой низкой вероятности успешного ответа сохраняется возможность в итоге получить достаточно большое количество правильных ответов.

Поставим задачу следующим образом: сколько должно быть правильных ответов (как минимум), чтобы с достаточно большой степенью уверенности отвергнуть гипотезу о полном незнании тестируемого субъекта. Иными словами, сколько должно быть правильных ответов, чтобы отвергнуть гипотезу о вероятности успешного ответа  $p=0.3$ . В статистике эту степень называют уровнем значимости теста. Пусть уровень значимости равен  $\alpha=0.9$ . Таким образом, требуется определить, при каком количестве правильных ответов гипотезу о вероятности успеха равную 0.3 следует отвергнуть, как несостоятельную. Это означает, что вероятность получить большее или равное количество ответов при  $p=0.3$  пренебрежимо мала и равна 0.1. Ответ на поставленный вопрос для различных значений  $n$  дает следующая таблица:

Т а б л и ц а 2

Количество правильных ответов, при котором гипотезу о полном отсутствии знаний у тестируемого субъекта можно отвергнуть.

| $n$                           | 20                      | 25                       | 30                       | 35        | 45        |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| Количество правильных ответов | Больше 9                | Больше 11                | Больше 12                | Больше 14 | Больше 17 |
| Оценка                        | 0.5 (удовлетворительно) | 0.48 (удовлетворительно) | 0.43 (удовлетворительно) | 0.42      | 0.4       |

Таким образом, для заданной степени достоверности (выраженной заданным уровнем значимости  $\alpha=0.9$ ) приемлемый результат дает тест с 45 вопросами. В остальных тестах ( $n=20$ ,  $n=25$ ) выборочная оценка (0.5, 0.48) соответствует оценке удовлетворительно, что, тем не менее, не исключает (на уровне 0.9) полного отсутствия знаний у проверяемого субъекта. Иными словами, в одном из десяти случаев такое (полное незнание -  $p=0.3$ ) - возможно. Промежуточное положение занимают тесты с количеством вопросов 30 и 35.

#### **Точность и однозначность теста**

Выше было показано, что количество правильных ответов – это не вполне однозначная оценка знаний тестируемого субъекта. Для однозначных оценок это величина должна рассматриваться во взаимосвязи с количеством вопросов и количеством вариантов ответов. Действительно, в рамках предлагаемой модели теста в виде схемы испытаний Бернулли, точность оценки сводится к определению доверительных интервалов для истинной вероятности успешного ответа по количеству правильных ответов испытуемого субъекта. Чем уже этот интервал, тем точнее оценка.

С другой стороны, чем длиннее тест, тем больше время, требуемое для испытаний, тем сложнее подготовка теста. По этой причине слишком длинные тесты также неприемлемы. Здесь, очевидно, требуется своего рода оптимизация.

Предлагается следующая более точная формулировка задачи. Будем считать тест приемлемым в плане точности и достоверности, если доверительные интервалы для вероятностей успешных ответов, построенных по частотам, соответствующим основным оценкам («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») не пересекаются между собой. Соответствующие этим оценкам частоты приведены выше.

Построение доверительных интервалов в данном случае представляет определенную сложность, поскольку использовать приближения для распределения вероятностей частоты в виде закона Лапласа или Пуассона нельзя из-за малости количества испытаний [23]. Доверительные интервалы в данном случае строятся следующим образом. Пусть полученная в результате теста частота  $m/n$  соответствует оценке «хорошо» (то есть равна 0.75 при четырех возможных ответах –  $s=4$ ). Количество вопросов в тесте равно  $n$ . Тогда левая граница доверительного интервала будет соответствовать минимальной вероятности  $p$ , при которой для заданного уровня значимости  $\alpha$  возможна полученная частота  $m$ , то есть:

В этой формуле при заданных значениях  $m$ ,  $n$  и  $\alpha$  надо подобрать значение  $p$ , которое и даст левую границу доверительного интервала.

Аналогично, для правой границы надо найти такую «большую» вероятность  $p$ , для которой возможно на данном уровне значимости столь «малое» значение частоты.

Для поиска границ доверительного интервала была написана программа, которая методом дихотомии решает указанные уравнения. Результаты расчетов при  $\alpha=0.9$  и различных  $n$  представлены в следующих таблицах.

Т а б л и ц а 3

Доверительные интервалы для вероятности правильного ответа, соответствующие различным частотам правильных ответов (оценкам) при  $n=20$

| Оценка                | Доверительный интервал |                |
|-----------------------|------------------------|----------------|
|                       | Левая граница          | Правая граница |
| «неудовлетворительно» | 0.14                   | 0.51           |
| «удовлетворительно»   | 0.30                   | 0.70           |
| «хорошо»              | 0.54                   | 0.90           |
| «отлично»             | 0.72                   | 0.98           |

Т а б л и ц а 4

Доверительные интервалы для вероятности правильного ответа, соответствующие различным частотам правильных ответов (оценкам) при  $n=25$

| Оценка                | Доверительный интервал |                |
|-----------------------|------------------------|----------------|
|                       | Левая граница          | Правая граница |
| «неудовлетворительно» | 0.14                   | 0.46           |
| «удовлетворительно»   | 0.30                   | 0.66           |
| «хорошо»              | 0.53                   | 0.87           |
| «отлично»             | 0.72                   | 0.97           |

Т а б л и ц а 5

Доверительные интервалы для вероятности правильного ответа, соответствующие различным частотам правильных ответов (оценкам) при  $n=30$

| Оценка                | Доверительный интервал |                |
|-----------------------|------------------------|----------------|
|                       | Левая граница          | Правая граница |
| «неудовлетворительно» | 0.16                   | 0.47           |
| «удовлетворительно»   | 0.33                   | 0.66           |
| «хорошо»              | 0.57                   | 0.87           |
| «отлично»             | 0.77                   | 0.97           |

Т а б л и ц а 6

Доверительные интервалы для вероятности правильного ответа, соответствующие различным частотам правильных ответов (оценкам) при  $n=35$

| Оценка                | Доверительный интервал |                |
|-----------------------|------------------------|----------------|
|                       | Левая граница          | Правая граница |
| «неудовлетворительно» | 0.16                   | 0.43           |
| «удовлетворительно»   | 0.33                   | 0.63           |
| «хорошо»              | 0.59                   | 0.85           |
| «отлично»             | 0.75                   | 0.96           |

Т а б л и ц а 7

Доверительные интервалы для вероятности правильного ответа, соответствующие различным частотам правильных ответов (оценкам) при  $n=45$

| Оценка                | Доверительный интервал |                |
|-----------------------|------------------------|----------------|
|                       | Левая граница          | Правая граница |
| «неудовлетворительно» | 0.18                   | 0.41           |
| «удовлетворительно»   | 0.35                   | 0.62           |
| «хорошо»              | 0.60                   | 0.83           |
| «отлично»             | 0.78                   | 0.96           |

Таким образом, полного разделения доверительных интервалов для вероятности успешного ответа, построенных для выборочных частот, соответствующих общепринятым основным оценкам, не наблюдается даже для достаточно длинного теста в 45 вопросов. Особенно широкое пересечение наблюдается между доверительными интервалами, соответствующими оценкам «неудовлетворительно» и «удовлетворительно» для всех значений длины теста  $n$ . Поэтому пограничные значения выборочных частот в этих ситуациях могут оказаться наиболее сомнительными.

### Библиографический список

1. Розанов Ю.А. Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика. - М.: Наука, 1985. - 320с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Краткие итоги научно-исследовательской работы кафедры «Информационных систем и технологий»</b> .....  | 4   |
| <b>А. М. Заяц.</b> Информатизация лесного хозяйства: состояние и перспективы .....   | 5   |
| <b>А. М. Заяц, А. А. Логачев.</b> Разработка мультимедийного WEB-приложения мониторинга лесных пожаров .....   | 17  |
| <b>В. А. Богатырев, К. А. Булыгин, В. Ю. Пинкевич, М. В. Попова, С. В. Богатырев, А. В. Кулиш, И. Ю. Голубев, Р. В. Двдцатов.</b> Векторная оптимизация защищенных центров обработки данных в среде <i>MATHCAD</i> ..... | 20  |
| <b>В. А. Богатырев, С. В. Богатырев, А. В. Богатырев.</b> Оценка надежности дублированного коммутатора .....   | 28  |
| <b>С. В. Гуров.</b> Надежность мажоритарной системы с последствием отказов .....   | 37  |
| <b>И. В. Панфилов, Е. И. Панфилова.</b> Основные направления деятельности службы безопасности компьютерной сети .....  | 51  |
| <b>Е. И. Панфилова.</b> Некоторые проблемы управления персоналом при обеспечении безопасности информации в компьютерных сетях предприятий .....  | 58  |
| <b>Н. В. Лушкин, Е. В. Царев.</b> Опыт внедрения пакета Microsoft Visual Studio 2010 .....   | 65  |
| <b>Н. В. Лушкин, А. А. Логачев.</b> Разработка на Microsoft Visual Studio 2010 программного проекта, выполняющего запрос к XML-файлу с помощью технологии LINQ .....   | 71  |
| <b>С. П. Хабаров, Н. Б. Смелова.</b> Основы HTA-приложений в администрировании Windows .....   | 74  |
| <b>М. А. Шубина.</b> Тенденции в разработке средств обработки аэрокосмических изображений (АКИ) .....  | 76  |
| <b>Ю. А. Жук, А. А. Егоров, Е. Н. Мальцев.</b> Новые методы классификации в задачах молекулярного маркирования .....   | 90  |
| <b>Ю. А. Жук, А. А. Канкасов.</b> Новая технология визуализации объектов лесного комплекса .....   | 94  |
| <b>В. А. Горбачёв.</b> Автоматизация решения задач управления кафедрой .....   | 98  |
| <b>М. О. Лебедев.</b> Организация данных в динамических информационно-поисковых и регистрирующих системах .....  | 109 |
| <b>И. В. Ганичев, С. В. Киселева.</b> Разработка магистрами комплекса моделей информационных процессов и технологий .....  | 115 |
| <b>Н. П. Васильев.</b> К вопросу об оценке результатов тестов .....  | 123 |



*Научное издание*

Отв. редактор  
**Зяяц Анатолий Моисеевич**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ  
И ТЕХНОЛОГИИ:  
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Сборник научных трудов

Выпуск 4

*Отпечатано в авторской редакции с готового оригинал-макета*

---

Подписано в печать с оригинал-макета 26.06.12.  
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.  
Уч.-изд. л. 8,0. Печ. л. 8,0. Тираж 100 экз. Заказ № 186. С 37.

---

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5.