

Образовательные ресурсы и технологии

Информационные технологии в образовании и научных исследованиях

№ 4' 2015 (12)



ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
СРЕДА

ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

ПРИКЛАДНАЯ
ГЕОИНФОРМАТИКА



VOLUME

POWER

MESSAGES



ISSN 2307-6135

Эл №ФС77-50278 от 21.06.2012

РИНЦ №594 – 12/2012

**Сетевой научно-практический рецензируемый журнал
ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ С.Ю. ВИТТЕ.
СЕРИЯ 1: ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ
№4(14)'2015**

Учредитель: ЧОУВО «МУ им. С. Ю. Витте»

Главный редактор: Кузнецова Алефтина Ивановна

Зам. гл. редактора: Журавлёв Владимир Захарович

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель – Н.Г.Малышев. Заместители: А.В. Семенов, Ю.С. Руденко, П.П. Пилипенко

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Тебекин А.В. (Институт экономики РАН), Новицкий Н.А. (Институт экономики РАН), Макрусев В.В. (Российской таможенной академии), Разовский Ю.В. (МУИВ), Кочетов Э.Г. (Центр по геоэкономике и глобалистике), Русак Е.С. (Академии управления при Президенте Республики Беларусь), Сухина Е.Н. (Национальной академии наук Украины), Балтов М. (Бургасский свободный университет, Республика Болгария)

Журнал издаётся с 2012 года. и зарегистрирован в РОСКОНАДЗОРЕ (Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций) и в системе Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и в Международном центре ISSN (Париж).

Все права на материалы, опубликованные в номере, принадлежат Издательству. Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, без разрешения Издательства запрещена.

Журнал включён в систему РИНЦ (НЭБ)

Адрес редакции: 115432, г. Москва, 2-ой Кожуховский проезд, д. 12, стр. 1

Издательство журнала:

Журавлёв В.З., Зайцева Д.В.

vuivite@muiv.ru, u.vitte@gmail.com

www.muiv.ru/vestnik

СОДЕРЖАНИЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

Платформа для программирования игровой системы <i>Рудакова Г.М., Ковригин Д.О.</i>	3
Гетерогенная компьютерная игра как образовательная технология <i>Соловьёв И.В.</i>	8
Формирование информационных образовательных ресурсов <i>Бутко Е.Я.</i>	17
Опыт разработки курса «статистическая информация в SPSS» <i>Мединцева И.П.</i>	23
Методика быстрого обучения программированию на основе изучения классов задач (8-10) <i>Аляев Ю.А.</i>	26
Практическая дискретная математика и математическая логика (практические занятия 1-3) <i>Тюрин С.Ф., Аляев Ю.А.</i>	43

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Экспериментальная верификация численного моделирования дозовых распределений для протонной терапии <i>Карпунин В.О.</i>	53
Цифровое моделирование при подземных геодезических работах <i>Куприянов А.О.</i>	57
Информационная безопасность на просторах мобильного Интернета <i>Михнев И.П.</i>	66
Аппаратные, технологические и программные инновации 2010-2015 протонно-лучевой терапии злокачественных новообразований глаза <i>Орлов Д.Г., Ерохин И.Н.</i>	71
Методы оценивания информационного преимущества <i>Цветков В.Я.</i>	77

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОИНФОРМАТИКА

Пространственные отношения в кадастре <i>Васютинская С.И.</i>	91
Большие данные в фотограмметрии и геодезии <i>Павлов А.И.</i>	96

CONTENT

EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Programming platform gaming system <i>G.M. Rudakova, D.O. Kovrigin</i>	3
Heterogeneous computer game as an educational technology <i>I.V. Soloviev</i>	8
Formation of information of educational resources <i>E. Ya. Butko</i>	17
Experience of development of the course “Statistical information in SPSS” <i>I.P. Medintseva</i>	23
Methods of the quick education to programming on base of the study of the classes of the problems (8-10) <i>Yu.A. Alyaev</i>	26
Practical discrete mathematics and mathematics of logic (practical occupations 1-3) <i>S.V. Tyurin, Yu.A. Alyaev</i>	43

INFORMATION TECHNOLOGY

Experimental verification of the dose distributions simulation for proton therapy <i>V.O. Karpunin</i>	53
Digital simulation in underground surveying services <i>A.O. Kupriyanov</i>	57
Information security in the vast mobile Internet <i>I.P. Mikhnev</i>	66
Hardware, technology and software innovations 2010-2015 proton radiation therapy of ocular tumors <i>D.G. Orlov, I.N. Erokhin</i>	71
Methods of estimating the benefits of information <i>V.Ya. Tsvetkov</i>	77

APPLIED GEOINFORMATICS

Spatial relations in inventories <i>S.I. Vasyutinskaya</i>	91
Big data photogrammetry and geodesy <i>A.I. Pavlov</i>	96

ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ИГРОВОЙ СИСТЕМЫ

Галина Михайловна Рудакова, канд. физ.-мат. наук, профессор,

E-mail: gmrfait@gmail.com,

Дмитрий Олегович Ковригин, магистр,

Сибирский государственный технологический университет,

кафедра информационных технологий,

<http://www.kit-sibstu.ru/>

В статье идет речь о проектировании универсальной платформы для обучения и тестирования игровых интеллектуальных систем. Методы исследования, применяемые в работе, основаны на сравнении возможностей, которые предоставляют участникам существующие платформы для спортивного программирования. Предполагается, что спроектированная платформа, расширяющая список используемых языков программирования, может использоваться, в том числе, в целях популяризации соревнований по спортивному программированию.

Ключевые слова: проектирование, игровые интеллектуальные системы, спортивное программирование



Г.М. Рудакова

На сегодняшний день спортивное программирование является неотъемлемой частью ИТ-сообщества. Во всём мире ежегодно проводится множество событий так или иначе связанных с умением решать задачи в условиях ограниченного времени или ресурсов.

В области соревнований по спортивному программированию игровых интеллектуальных систем можно выделить Google AI Challenge [1] и российский аналог Russian AI Cup [2].

Google AI Challenge – является международным соревнованием, проводимым с 2009 года. Основная идея соревнования заключается в том, что на сервере определены правила игры, сервер выступает в качестве площадки для соревнований. Каждый игрок должен написать интеллектуальную систему, которая в соответствии с правилами будет осуществлять ходы до тех пор, пока в игре не наступит один из граничных результатов. Поддерживаемые языки, на которых можно присылать решения: C++, Java, Python, C#, JS, Ruby.



Д.О. Ковригин

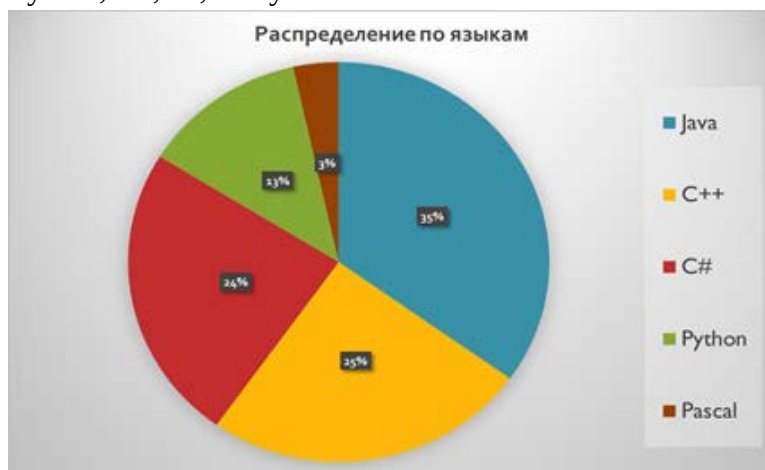


Рисунок 1 – Распределение по использованию языков на соревнованиях по программированию игр Russian Ai Cup 2014

В 2010 году участие в соревновании приняли более 200 человек. В рамках данного соревнования было проведено 4 мероприятия, каждое из которых отличалось игрой, положенной в основу соревнования. Список представленных игр следующий: Rock Paper Scissors, Tron, Planet Wars, Ants.

Russian AI Cup – чемпионат по программированию искусственного интеллекта, организатором кото-

рого является Mail.Ru Group. Он проходит ежегодно, начиная с 2012 года. Принять участие могут все желающие, любых возрастов и квалификаций. Главное – иметь базовые навыки программирования [3]. Список возможных языков программирования ограничен, вы можете выбрать один из следующих вариантов: C++, Java, C#, Python, или Pascal. Чемпионат состоит из четырёх этапов: песочницы, двух отборочных раундов и финала. Фактически, участникам была предложена пошаговая стратегическая игра с формально определенными правилами и API для управления.

Если для некоторых соревнований это обусловлено жесткими правилами соревнований, так как это сделано в ACM-ICPC, то в соревнованиях связанных с созданием интеллектуальных систем, где такие правила не предусмотрены, ограничения обуславливаются техническими причинами, и связаны трудностью реализации для большого числа языков программирования. Особенно важной является информация, полученная по платформам, которые осуществляют тестирование и обучение игровых интеллектуальных систем.

Как показал анализ существующих платформ, детальная информация об их устройстве является закрытой, что обусловлено коммерческим характером мероприятий. Организаторы зачастую не заинтересованы в раскрытии технической информации, поскольку это может негативно сказаться на статусе мероприятия, за счёт заимствования конкурентами новых технологий. Таким образом, при анализе существующих платформ необходимо полагаться на данные о доступных языках программирования, предоставляемых организаторами.

Таблица 1

Языки программирования в игровых интеллектуальных системах

	Игровые Интеллектуальные системы		Другие	
	Russian AI Cup	Google AI Challenge	ACM-ICPC	Russian Code Cup
Доступные языки	C++, Java, C#, Python, Pascal	C++, Java, Python, C#, JS, Ruby	C, C++, Java	Java, Python, C/C++, C#, Perl, PHP

В ходе исследования было выявлено, что основной проблемой, затрудняющей поддержку большего числа языков программирования, является процедура обмена данными в ходе тестирования.

В сегодняшнюю игровую индустрию, ставшую чрезвычайно доходным бизнесом с многомиллионными бюджетами на игры, пошаговые стратегии вписываются плохо и находятся в состоянии стагнации. Новые игры выпускаются достаточно редко – пару игр в год. Легендарные же серии живут только благодаря своим фанатам. Время разработчиков-одиночек и маленьких студий прошло, игры делаются компаниями со штатом в сотни программистов и соответствующими расходами, пускаемыми в основном на огромное количество несущественных, для данного жанра, графических деталей.

Игровой искусственный интеллект – набор программных методик, которые используются в компьютерных играх для создания иллюзии интеллекта в поведении персонажей, управляемых компьютером. Игровой ИИ, помимо методов традиционного искусственного интеллекта, включает также алгоритмы теории управления, робототехники, компьютерной графики и информатики в целом. Возможности платформы, предоставляемые участнику игрового ИИ, заключаются в значительном размере блока управления, связанном с необходимостью обработки большого количества параметров и условий.

Существует мнение, что выражение «искусственный интеллект» в термине «игро-

вой искусственный интеллект» является преувеличением, поскольку игровой ИИ описывает не интеллект и использует немногие из направлений академической науки «Искусственный интеллект». В отличие от «реального» ИИ, конечной целью которого является вывод собственных правил, игровой ИИ [4, 5], как правило, состоит из наборов правил и эвристики, обычно этого вполне достаточно, чтобы предоставить игроку хороший геймплей, ощущения и впечатления от игры.

Важной особенностью игрового искусственного интеллекта является наличие большого блока управления. Это связано с тем, что практически в каждой системе, где используется игровой ИИ, перед ним стоит задача управления большим количеством параметров, которые зависят также от значительного количества условий.

Реализация ИИ сильно влияет на геймплей, системные требования и бюджет игры, и разработчики балансируют между этими требованиями, стараясь сделать интересный и нетребовательный к ресурсам ИИ малой ценой. Поэтому подход к игровому ИИ серьёзно отличается от подхода к традиционному ИИ – широко применяются разного рода упрощения, обманы и эмуляции. Например, с одной стороны, в шутерах от первого лица безошибочное движение и мгновенное прицеливание, присущее ботам, не оставляет ни единого шанса человеку, так что эти способности искусственно снижаются. С другой стороны – боты должны делать засады, действовать командой и т.д., для этого применяются «костыли» в виде контрольных точек, расставленных на уровне.

Игровой искусственный интеллект продолжает развиваться с целью достичь такого уровня, чтобы игрок был неспособен отличить компьютерного соперника от человеческого.

Увеличение понимания академического ИИ разработчиками игр и растущий интерес академического сообщества к компьютерным играм вызывает вопрос, насколько и в какой степени игровой ИИ отличается от классического. Однако существенные различия между различными прикладными областями искусственного интеллекта означают, что игровой ИИ всё ещё может быть рассмотрен как отдельная подотрасль ИИ. В частности, способность «законным» образом решить некоторые проблемы ИИ в играх через обман создаёт важное различие. Например, выведение позиции невидимого объ-



екта из прошлых наблюдений может быть трудной проблемой, когда ИИ применён к робототехнике, но в компьютерных играх неигровой персонаж может просто искать позицию в игровом графе. Такой обман может

Рисунок 2– Возможности платформы, предоставляемые участнику

привести к нереалистичному поведению, и поэтому не всегда желателен.

Игрок (участник) должен иметь возможность отправить написанную им интеллектуальную систему в платформу. После этого он может запустить бой с другой интеллектуальной системой, чтобы иметь возможность сравнить его систему с другими. Кроме того, необходимо учитывать потребность в визуализации процесса сражения, для этого необходимо предоставить участнику возможность просмотреть сражение.

Персонажей компьютерных игр, управляемых игровым искусственным интеллектом, делят на:

- неигровые персонажи – как правило, эти персонажи являются дружелюбными

или нейтральными к человеческому игроку;

- боты – враждебные к игроку персонажи, приближающиеся по возможностям к игровому персонажу; против игрока в любой конкретный момент сражаются небольшое количество ботов. Боты наиболее сложны в программировании;

- мобы – враждебные к игроку «низкоинтеллектуальные» персонажи. Мобы уничтожаются игроками в больших количествах ради очков опыта, артефактов или прохождения территории.

На основе сформированных требований выбрана технология обмена данными между интеллектуальными системами.

Поскольку весь обмен данными производится внутри платформы, то задержки между передачами сообщений не являются критичными, важно лишь обеспечить их синхронность для всех участников. Таким образом, исходя из полученных данных, выбор сделан в пользу протокола TCP [6], и весь обмен данными между интеллектуальными системами производится с его помощью.

Так как протокол TCP реализуется на уровне ядра системы, то его поддерживают большинство существующих на сегодняшний день языков программирования. Это обуславливает выбор данной технологии, положенной в основу реализации механизма обмена данными между игровыми интеллектуальными системами.

Механизм TCP предоставляет поток данных с предварительной установкой соединения, осуществляет повторный запрос данных в случае потери данных и устраняет дублирование при получении двух копий одного пакета, гарантируя тем самым, в отличие от UDP, целостность передаваемых данных и уведомление отправителя о результатах передачи.

Реализация TCP, как правило, встроена в ядро ОС, хотя есть и реализации TCP в контексте приложения.

Когда осуществляется передача от компьютера к компьютеру через Интернет, TCP работает на верхнем уровне между двумя конечными системами, например, браузером и веб-сервером. TCP осуществляет надежную передачу потока байтов от одной программы на некотором компьютере к другой программе на другом компьютере (например, программы для электронной почты, для обмена файлами). TCP контролирует длину сообщения, скорость обмена сообщениями, сетевой трафик.

Как указывалось, ранее, главной целью протокола TCP является обеспечение надежного, безопасного сервиса для логических цепей или соединений между парами процессов. Чтобы обеспечить такой сервис, основываясь на менее надежных коммуникациях, система должна иметь возможности для работы в следующих областях:

- базовая передача данных;
- достоверность;
- управление потоком;
- разделение каналов;
- работа с соединениями;
- приоритет и безопасность.

Возможность работы с TCP протоколом реализована во многих языках программирования, что делает его подходящим для использования в универсальной платформе.

Платформа должна обеспечивать участникам следующие возможности:

- участник имеет возможность отправить реализацию игровой стратегии;
- участник или система создают бой, который должен быть протестирован;
- бой тестируется, для чего запускаются процессы участников и движок игры;
- ход боя может быть просмотрен участником.

Игрок (участник) должен иметь возможность отправить написанную им интеллектуальную систему в платформу. После этого он может запустить бой с другой интеллектуальной системой, чтобы иметь возможность сравнить его систему с другими.

Кроме того, необходимо учитывать потребность в визуализации процесса сражения, для этого необходимо предоставить участнику возможность просмотреть сражение.

Компоненты предлагаемой платформы:

- Database – хранит состояние системы;
- TaskManager (таскменеджер) – берет из базы необработанные стратегии и игры, отдает задания воркерам и после ответа обновляет состояние стратегии/игры в базе;
- Worker (воркер) – получает задание на компиляцию, верификацию стратегии или тестирование игры, обрабатывает задание, возвращает ответ таскменеджеру. Для симуляции сражения воркер запускает game server и игровые стратегии;
- Game Server – запускается воркером для симуляции боя. Именно в этом приложении содержится логика игры;
- Worker's Cache – общий кэш для воркеров, хранит скомпилированные бинарники.
- Game Storage – хранилище для логов игр (необходимо для просмотра игр в браузере).

Для апробации платформы была выбрана игра, использованная на мероприятии Google AI Challenge 2010 под названием Трон (Tron). Данные, передаваемые в ходе апробации, имеют довольно простую структуру, что позволило упростить этап анализа и разработки платформы.

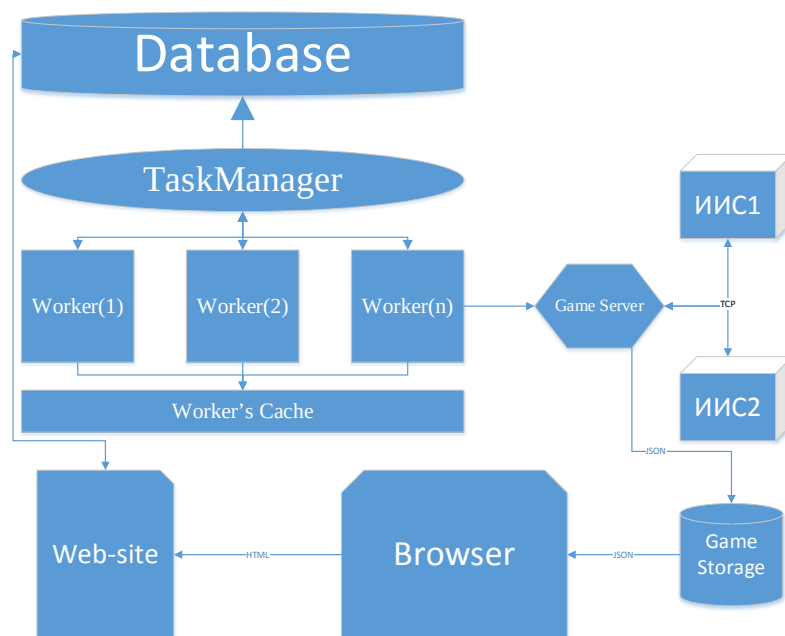


Рисунок 3 – Схема платформы

Литература

1. Правила Google AI Challenge Осень 2011 Graphics. URL: <http://habrahabr.ru/post/130979/>
2. Russian AI Cup 2014. URL: <http://devtype.blogspot.ru/2014/09/Russian-AI-Cup-2014-CodeHockey.html>
3. Кожевников Д.О., Рудакова Г.М. Причины и движущие силы поэтапной смены подходов внутриобъектно-ориентированной парадигмы программирования // Образовательные ресурсы и технологии. 2014*1. № 4. С. 68–78.
4. Создание своего домашнего игрового искусственного интеллекта. URL: <http://habrahabr.ru/post/193152/>
5. Основы игрового AI. URL: http://masandilov.ru/ai/basics_of_game_ai
6. Модели реализации протокола TCP и его перспективы. URL: <http://book.itep.ru/4/44/tcp.htm>

Programming platform gaming system

Galina Mikhailovna Rudakova, PhD, professor, Siberian State Technological University, Chair of Information Technologies.

Dmitry Olegovich Kovrigin, master, Siberian State Technological University, Chair of Information Technologies

In the article it is about universal design for learning and testing platform game of intelligent systems. Research methods used in the work, based on comparisons of features that provide participants with existing platforms for sports programming. It is expected that designed platform, expanding the list of programming languages can be used, including for the purpose of popularization of competitions on sports programming.

Keywords: Design, intelligent systems, gaming sports programming

УДК 004.053, 004.054

ГЕТЕРОГЕННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ИГРА КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

*Игорь Владимирович Соловьёв, д-р техн. наук, профессор, проректор по НИР,
E-mail: i.v.soloviev54@mail.ru,*

*Московский государственный университет информационных технологий, радио-
техники и электроники (МИРЭА/МГУПИ),
<https://www.mirea.ru>*

Раскрывается новый образовательный ресурс – гетерогенные деловые игры. Дается сравнение компьютерной деловой игры и гетерогенной деловой игры. Показано что гетерогенная компьютерная деловая игра решает большее количество задач и повышает качество образования. Описаны методические и технологические требования к данной технологии обучения. Показано, что данная технология обучения является поэтапной и на каждом этапе накапливает знания и информационные ресурсы. Раскрывается содержание гетерогенной компьютерной деловой игры.

Ключевые слова: игра, компьютерная деловая игра, гетерогенная компьютерная деловая игра, игровая модель, сценарий игры, игровое время, комплекс программно-технических средств обучения, жизненный цикл

Введение. Длительное время при автоматизации различных отраслей народного хозяйства, включая сферу образования, конкурировали две концепции. Первая заключалась в модернизации существующих технологий под средства и технологии автоматизации [1]. Вторая в преобразовании и придании этим технологиям нового качества за счёт использования средств автоматизации. Метод компьютерных деловых игр реализующий вторую концепцию и стимулирующий у обучаемых развитие системного и ситуационного мышления, является одним из современных инновационных инструментов совершенствования системы высшего образования России [2]. Анализ показывает, что этот метод постоянно развивается. Динамика развития привела к тому, что устоявшегося описания основ метода ещё не существует. Гетерогенное моделирование широко применяется при решении сложных задач [3]. В области компьютерных деловых игр этот подход пока не применяют. Поэтому актуальным представляется исследование гетерогенных деловых игр в синтезе с унифицированной программно-аппаратной платформой их реализации.



И.В. Соловьёв

Методика. Методика заключается в применении системного анализа для раскрытия сущности гетерогенной компьютерной деловой игры и выявления различий с обычной компьютерной деловой игрой. Метод гетерогенной компьютерной деловой игры основывается на концепции гетерогенного формирования у обучаемых знаний, умений и навыков на основе активных нелинейных форм обучения путём выполнения реальных действий в гетерогенной информационно-технологической среде в соответствии с множественным сценарием и моделью игры.

При классическом методе обучения получение знаний осуществляется линейно по нарастающей. Постановка задачи по дополнительному получению знаний отсутствует, поскольку получение знаний осуществляется синхронно в соответствии с получаемой информацией в один этап. Алгоритм классического обучения представляет собой каскадную (поэтапную) модель, в которой модули обучения равномерно распределены по часовой нагрузке, не предполагающей отклонений от графика обучения.

Алгоритм гетерогенного обучения представляет собой сетевую модель, в которой модули обучения неравномерно распределены по сетевой схеме, и траекторию обучения можно строить разными множественными путями.

В отличие от лекционно-семинарского метода обучение методом гетерогенной компьютерной деловой игры решаются другие дополняющие задачи:

- выбор схемы получения знаний в сетевой модели;
- самостоятельная оценка (в определенных пределах) необходимых ресурсов;
- получение дополнительных информационных ресурсов на каждом этапе игры за счет нелинейных действий;
- изменение траектории обучения на каждом этапе игры;
- самостоятельная постановка задачи по получению дополнительных знаний на каждом этапе;
- анализ достаточности накопленных знаний и ресурсов для решения задачи нового этапа. В случае недостаточности образовательных ресурсов, осуществляется возврат к действиям на предыдущем этапе для увеличения инкрементных ресурсов и знаний;
- развитие способности по актуализации и синтезу новых и старых информационных ресурсов.

Таким образом, метод гетерогенной компьютерной деловой игры является многоцелевой технологией обучения с адаптивным выбором нескольких целей [4]. В техническом плане сущность гетерогенной компьютерной деловой игры заключается в имитации реальных процессов и условий объекта исследования или формулировании задачи исследования обучаемым, на основе имеющихся у него ресурсов. В ресурсном плане сущность инкрементной компьютерной деловой игры заключается в умении формировать собственные информационные ресурсы [5].

Необходимо дать различие между компьютерной деловой игрой (КДИ) [6] и гетерогенной компьютерной деловой игрой (ГКДИ). Под компьютерной деловой игрой будем понимать учебно-трениговую форму подготовки (переподготовки) обучаемых, основанную на компьютерном имитационном моделировании условий и ролевых функций специалистов как при индивидуальной деятельности, так и в составе коллектива, с учётом компетенций, сформированных у обучаемых лекционно-семинарским методом. КДИ основана на линейном алгоритмическом методе освоения материала и постепенного накопления ресурса обучения.

Под гетерогенной компьютерной деловой игрой будем понимать многоэтапную и циклическую учебно-трениговую форму подготовки использующую принцип субси-

диарности [7, 8] и комплементарности [9] информационных ресурсов. ГКДИ основана на нелинейном методе освоения материала и сетевой модели обучения.

Результаты. Концептуальная модель компьютерной деловой игры (КДИ) строится на основе отношений между понятиями данные, информация и знание [10]. Она включает имитационную модель, исходные данные и комплекс программно-технических средств обучения (рисунок 1).

Игровая имитационная модель компьютерной деловой игры (далее – игровая модель) – это представление предмета (объекта) игры, условий его деятельности и процессов в нём реализуемых на основе компьютерной имитации в некоторой упрощенной форме. Игровая модель воссоздаёт прообраз будущей деятельности участников игры.

Игровая модель предполагает привлечение обучаемых в соответствии с некоторым игровым контекстом, который раскрывает основное и частные игровые противоречия игры. Игровая модель включает в себя сценарий игры, информационное и методическое обеспечение. Стержнем игровой модели является сценарий игры [11] и мультимедийные образовательные модели [12]. В сценарии в свободной форме излагаются сущность и последовательности проведения игры. В содержании сценария отражаются также цели и задачи игры, предмет игры, ролевая деятельность каждого участника игры, предметные, игровые и поведенческие противоречия игроков; порядок генерирования случайных событий, сжатие и растяжение игрового времени; структурно-временная схема взаимодействия игроков.

Сценарий игры включает: замысел игры; комплект ролей; фабулу игры; сетевую модель игры.

Замысел игры. Основная идея намерений по реализации игровой модели. Замысел включает в себя: цели игры; предмет игры; игровые противоречия.

Цели игры. Описание желаемого результата, которого необходимо достигнуть по результатам поведения игры. В ГКДИ в связи с наличием трёх аспектов игровой деятельности участников игры, а именно: предметного (профессионального), обучающего и игрового, формулируется три типа целей:

- предметные (профессиональные) цели;
- педагогические (учебные) цели;
- игровые цели.

Предмет игры отражает содержание имитируемого в игре предмета профессиональной деятельности. Предмет игры формируется в терминах действий, например, «рассчитать», «согласовать», «выбрать», «проанализировать», набор которых диктуется содержанием квалификационной характеристики специалиста и игровыми функциями, моделируемыми в игре.

Игровое противоречие. Специально конструируемые для игры несовпадения интересов, позиций, рассогласованность параметров деятельности для ролей игроков и множественность выбора. Выделяют следующие типы игровых противоречий:

- содержательные, связанные с предметным содержанием профессиональной деятельности (противоречие между научными и донаучными знаниями: противоречие между знаниями высокого и низкого уровня; противоречие в выборе известных способов, элементов своих знаний и опыта; противоречие между теорией и практикой; противоречие между изображением и реальным представлением предмета; исследовательское противоречие, отражающее противоречия между внутрипредметными и межпредметными связями и значениями);

- поведенческие, отражающие социально-личностные характеристики поведения специалиста;

- игровые для обеспечения динамики игровых процедур;

- оппозиционные [13], отражающие необходимость поиска и выбора альтернативных решений.

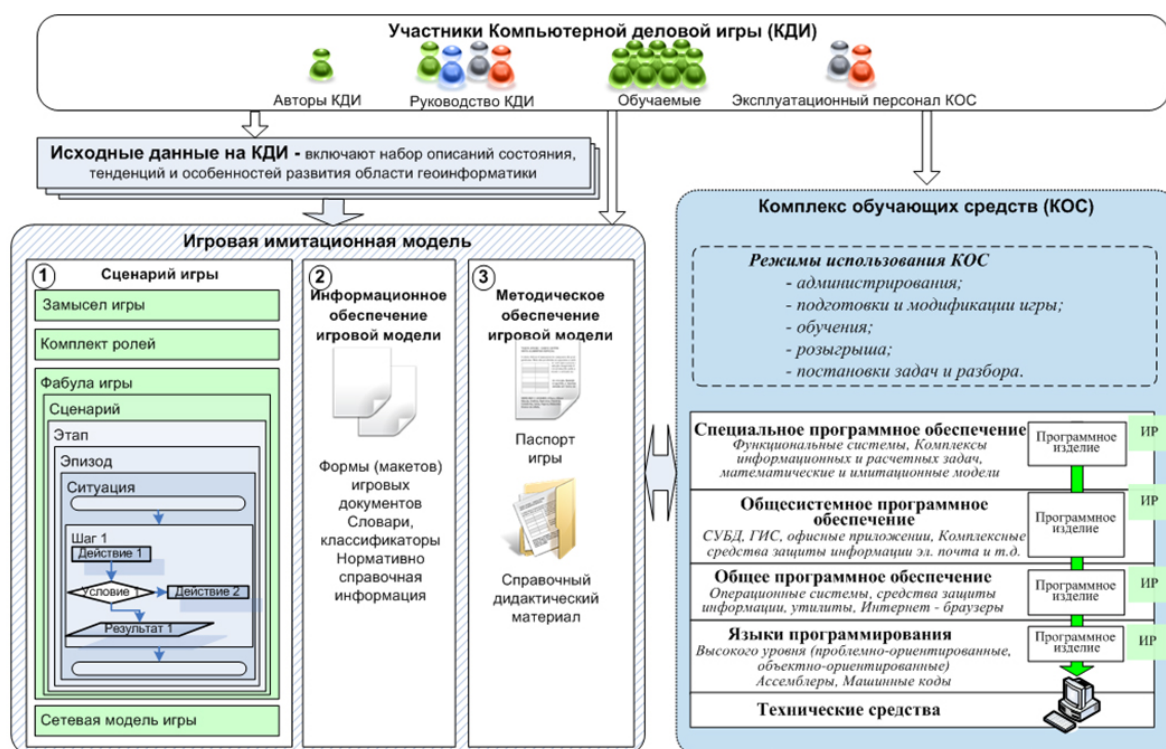


Рисунок 1 – Концептуальная модель компьютерной деловой игры

Игровое противоречие реализуется в следующих формах: неоднозначность выбора решения, противоборство, партнёрство.

Комплект ролей. Комплект ролей адекватно отражает все аспекты деятельности участников игры применительно к объекту (процессу) имитации. В комплект ролей включают два вида ролей: социальные, обусловленные положением индивида в системе профессиональных отношений (руководитель, заместитель, исполнитель, специалист и др.), и межличностные, определяемые местом индивида в системе межличностных отношений (лидер, оппонент, отверженный, консерватор, инициатор, скептик и др.).

Для каждой роли разрабатывается её паспорт, включающий: название, правила замещения, иерархические и функциональные связи.

Фабула игры. Изложение в свободной форме событий игры в логической причинно-временной последовательности в соответствии со структурными элементами и комплектом ролей игры. В фабуле игры выделяют шесть типов структурных элементов: этап, эпизод, ситуация, шаг, действие (операция), цикл.

Структурные элементы игры – это гетерогенные элементы деления информационных ресурсов, требующие специальных методов оценки [14] на составляющие. Выделяют шесть структурных элементов фабулы игры: *этап, эпизод, ситуация, шаг, действие (операция), цикл*.

Этап – это структурный элемент фабулы компьютерной деловой игры, включающий эпизоды, ситуации, шаги, характеризующиеся наличием нескольких игровых противоречий, значительным игровым временем, большим количеством заданий и предусматривающий задействование всех участников компьютерной деловой игры.

Эпизод – это структурный элемент этапа компьютерной деловой игры, включающий ситуации, шаги, характеризующиеся наличием одного игрового противоречия, ограниченным игровым временем, ограниченным количеством заданий

и предусматривающий задействование ограниченного числа участников компьютерной деловой игры.

Ситуация – это структурный элемент [15, 16] эпизода компьютерной деловой игры, включающий шаги, характеризующиеся небольшим игровым временем, одним заданием и предусматривающие задействование не более трёх участников компьютерной деловой игры.

Шаг – это структурный элемент ситуации компьютерной деловой игры, характеризующиеся ограниченной последовательностью действий, которые необходимо выполнить участнику игры лично.

Действие (операция) – процесс использования информационного ресурса для выполнения ролевой функции.

Цикл – это неоднократное повторное действие с учетом логического условия его завершения.

Сетевая модель игры – это формализованное описание событий и работ, выполняемых участниками игры как за игру в целом, так и по каждому структурному элементу фабулы игры. Сетевая модель игры включает в себя сетевые графики выполнения работ в рамках каждого структурного элемента фабулы игры.

Модель ГКДИ дополняется еще двумя этапами: анализ знаний и ресурсов; оценка возможности применения знаний и ресурсов для решения очередной задачи. По существу модель ГКДИ в большей степени имитирует сложную организационно-техническую систему (сложную антропогенную систему) [17]. Модель ГКДИ приведена на рисунке 2. Она представляет собой совокупность этапов, на каждом из которых (кроме первого) осуществляется ГКДИ со своими целями. На первом этапе выбор отсутствует. В результате этапа действий получают дополнительные информационные ресурсы (ИР) и знания (З). Например для этапа 1 это будут ИРЗ1. Именно эти величины используются для решения задач следующего этапа. Если их оказывается недостаточно для решения задачи следующего этапа, то происходит возврат к ГКДИ предыдущего этапа и осуществляется получение нового инкрементного набора ИРЗ1-1, который по семантике превосходит первоначально полученный ИРЗ1. На каждом этапе происходит решение задач с помощью ГКДИ и накопление ресурсов и знаний.

Итогом обучения будут суммарные информационные ресурсы (СИР) и суммарные знания (СЗ):

$$\begin{aligned}\text{СИР} &= \text{ИР1} + \text{ИР2} + \dots + \text{ИРn}; \\ \text{СЗ} &= \text{ИЗ1} + \text{ИЗ2} + \dots + \text{ИЗn},\end{aligned}$$

здесь n – число этапов ГКДИ.

ГКДИ обладают свойством гетерогенности по обучению и по приложению.

Гетерогенность обучения вытекает из сетевой гетерогенной сетевой модели игры. Гетерогенность приложений вытекает из того, что представление структуры и информационных ресурсов игры цели и задачи существенно различаются по предметным областям.

На основе разработанного множественного сценария игры могут формироваться профили ГКДИ. Профиль сценария ГКДИ – подмножество сценариев, полученных, во-первых, сужением комплекта ролей и объёма ролевых функций, во-вторых, исключением отдельных структурных элементов фабулы игры и редуцированием сетевой модели игры в соответствии с возникающими потребностями в корректировке целей, задач и масштабов игры.

Одной из основных характеристик игровой модели является игровое время, то есть интервал времени, в течение которого осуществляется игровая ситуация. Игровое время может исчисляться в астрономических и игровых часах (днях). Игровое время

может быть непрерывным или скачкообразным. При этом под скачком игрового времени понимают резкое изменение текущего игрового времени, предусмотренное сценарием игры, либо в учебных целях, либо по вводной руководства игры. Отношение астрономического времени к выбранному игровому времени называют масштабом игрового времени. Игровой час (день) – устанавливается в адекватном, сжатом или растянутом масштабе к астрономическому часу (дню).

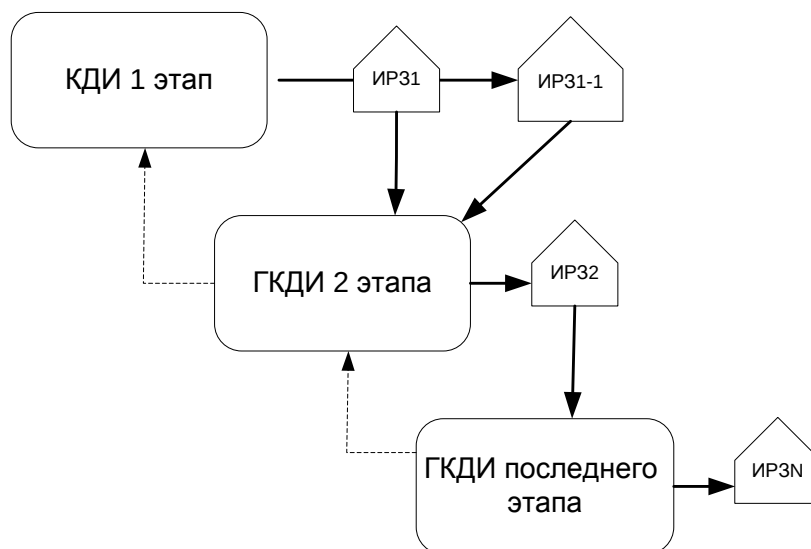


Рисунок 2 – Модель ГКДИ

Информационное технологическое обеспечение игровой модели включает совокупность следующих документов: игровых заданий; вводных условий; нормативных документов; регламентов информационного взаимодействия; тестов; отчётных материалов. Информационное дескриптивное обеспечение игровой модели включает совокупность, словарей и классификаторов.

Методическое обеспечение игровой модели включает: паспорт игры, правила игры, систему оценок обучаемых, комплект инструкций для руководства, комплект инструкций для обучаемых, справочный (дидактический) материал по игре. Методическое обеспечение сценария игры может оформляться в форме приложений к сценарию игры как на бумажном, так и на электронном носителе данных. Методическое обеспечение ГКДИ включает стандартизованные решения в сфере информационных технологий.

Паспорт игры – это краткое формализованное изложение параметров игры включающее: тему игры, цели игры, предмет игры, классификационные признаки игры, основные игровые противоречия, способ генерирования случайных событий, количество и название этапов, характеристику игрового времени, количество игровых структурных подразделений, количество участников.

Исходные данные – это периодически обновляемые сведения о состоянии и возможностях объемлющей по отношению к объекту моделирования системы. Исходные данные включают набор описаний состояния, тенденций и особенностей развития предметной области, объемлющей и взаимодействующих систем (объектов). Исходные данные разрабатываются для широкого класса игр в некоторой предметной области, как правило, на текущий год и используются для воссоздания условий проведения игры близких к реальным.

Участники игры – лица, принимающие участие в разработке, подготовке, розыгрыше, оценке результатов и подведении итогов игры. Участники игры делятся на авторов, обучающих, обучаемых, и технических специалистов.

Авторы игры – лица, осуществившие написание сценария игры, информацион-

ного обеспечения игровой модели, а также разработку методических материалов к игровой модели. *Обучающие* – участники игры, ответственные за её подготовку, организацию, розыгрыш и оценку обучаемых.

Группа планирования – осуществляет текущее планирование розыгрыша игры. В состав группы включают преподавателей, преподающих дисциплины непосредственно связанные с тематикой игры. Группа готовит персональные (индивидуальные) задания участникам игры, отслеживает ход их выполнения, а также уточняет текущую организацию розыгрыша по структурным элементам игры.

Группа ресурсного обеспечения – осуществляет отслеживание и наращивание игровой обстановки в ходе розыгрыша. Наращивание игровой обстановки в ходе розыгрыша осуществляется путём выдачи вводных обучаемым, исходя из основного игрового противоречия. Вводные направлены, во-первых, на корректировку содержания индивидуальных заданий обучаемых, а во-вторых, на побуждение обучаемых к творческому исполнению ролевых функций в соответствии с задачами и целями игры.

Группа разбора – осуществляет оценку результатов, полученных обучаемыми в рамках каждого структурного элемента сценария игры, проводит анализ хода игры и готовит рекомендации обучаемым и руководству игры.

Обучаемые – лица, непосредственно принимающие участие в розыгрыше и выполняющие роли, предусмотренные сценарием игры.

Режим подготовки и модификации игры – это режим, в котором руководство игры осуществляет ввод, модификацию и настройку игровой модели и исходных данных. В этом режиме осуществляется:

- ввод (модификация) сценария игры, информационного и методического обеспечения игровой модели, исходных данных;
- формирование профилей игры;
- формирование организационных структур участников игры;
- тестирование остаточных знаний участников игры;
- настройка АРМ в соответствии с комплектом ролей;
- разработка плана игры;
- адаптация сетевой модели игры;
- разработка (уточнение, модификация) заданий и вводных обучаемым;
- формирование игровой модели и исходных данных;
- получение справочных данных по состоянию игровой модели, информационному и методическому обеспечению;
- доступ к архиву КДИ.

Режим обучения – это режим, в котором обучаемые могут осуществлять индивидуальную подготовку и тренаж по тематике игры. В этом режиме осуществляется:

- предоставление в электронной форме на АРМ учебных материалов в объёме методического обеспечения игры;
- обеспечение тренингов на АРМ в объёме элементов игровой модели;
- формирование на базе методических материалов траекторий обучения под компетенции специалиста (квалификационные требования к специалисту) в объёме игры;
- предоставление в электронной форме толковых словарей и тезаурусов в объёме используемого в игре понятийного аппарата;
- предоставление учебных материалов в виде визуальных [18], динамических образовательных [19] моделей;
- обеспечения дистанционного обучения.

Режим розыгрыша – это режим, в котором обучаемые и руководство игры в соответствии с сетевой моделью и комплектом ролей практически реализуют цели и задачи игры. В этом режиме осуществляется:

- регистрация участников;
- выполнение обучаемыми ролевых функций, предусмотренных игрой;
- контроль со стороны руководства за действиями обучаемых;
- протоколирование действий руководства и обучаемых;
- наращивание обстановки по игре;
- предварительная оценка действий обучаемых по структурным элементам игры;
- управление игровым временем;
- формирование игровых случайных ситуаций, событий и вводных;
- взаимообмен информацией между участниками игры, в том числе с использованием электронного документооборота;
- использование Интернета и электронной почты;
- использование фактографических и документальных баз данных, предусмотренных сценарием игры;
- выполнение расчётов и моделирование;
- получение справочных данных в объёме игровой модели.

Режим постановки задач и разбора – это режим, в котором руководство игры с привлечением обучаемых осуществляет постановку задач на игру и подведение её итогов. В этом режиме осуществляется:

- проведение электронных совещаний руководства и обучаемых с демонстрацией дидактического материала на средства отображения коллективного пользования;
- выдача на АРМ обучаемых индивидуальных и групповых заданий на игру;
- оценка участников и игровых групп;
- формирование рекомендаций и отчёта за игру;
- архивирование материалов игры.

Наиболее полное системное представление [20] о разработке, использовании и модификации ГКДИ даёт рассмотрение её жизненного цикла. Жизненный цикл компьютерной деловой игры – это период времени от момента начала формирования замысла игры до момента её ликвидации (утилизации). Жизненный цикл делится на стадии. Стадия жизненного цикла компьютерной деловой игры – это обособленный устойчивый по целям, задачам и результатам период деятельности участников игры.

Выделяют шесть стадий жизненного цикла: разработка игры; модернизация игры; подготовка к проведению игры; розыгрыш; подведение итогов игры; объявление и разбор итогов игры;

Вследствие архивации и накопления данных по игровым ситуациям, комплекс программно-технических средств ИКДИ наряду с обучением может быть использован для исследований в области управления сложными организационно-техническими системами, при изучении информационных процессов и информационных пространств сложных антропогенных систем.

Заключение. Гетерогенная компьютерная деловая игра является новым информационным и новым образовательным ресурсом. В ходе этой игры осуществляется адаптивная подготовка обучаемых и решается несколько целей обучения. ГКДИ осуществляет творческую подготовку компетенций, в отличие от лекционно-семинарского подхода. В то же время ГКДИ требует значительных информационных и интеллектуальных ресурсов от разработчиков и со стороны преподавательского состава. Эта модель требует более высокого уровня технической и методической поддержки. Но главным итогом является повышения качества обучения и возможность увеличения жизненного цикла обучающей системы.

Литература

1. Цветков В.Я. О двух концепциях автоматизации // Геодезия и картография. 1986. № 5. С. 48–51.
2. Соловьёв И.В. Анализ некоторых тенденций развития образования // Управление образованием: теория и практика. 2013. № 1. Вып. 9). С. 10–16.
3. Поспелов С.М., Бондаренко И.Ю. Разработка модели интеллектуального поведения персонажа в компьютерной игре gobocode на основе метода нейродинамического программирования // Алгоритмы, экспертные системы. 2011. С. 187.
4. Tsvetkov V.Ya. Multipurpose Management // European Journal of Economic Studies. 2012. Vol. (2). № 2. P. 140–143.
5. Соловьёв И.В. Каталогизация и индексирование информационных ресурсов // Перспективы науки и образования. 2014. № 4. С. 25–31.
6. Соловьёв И.В. Компьютерная деловая игра как совершенствование системы высшего образования // Управление образованием: теория и практика. 2014. № 3(15). С. 131–141.
7. Васютинская С.И., Цветков В.Я. Информационное субсидиарное управление // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2015. № 2. С. 102–104.
8. Логинова А.С. Оценка применимости субсидиарного управления // Актуальные проблемы современной науки. 2015. № 3. С. 297–301.
9. Цветков В.Я. Применение модели комплементарных ресурсов в инвестиционной деятельности // Вестник Мордовского университета. 2014. Т. 24. № 4. С. 103–116.
10. Соловьёв И.В., Цветков В.Я. О содержании и взаимосвязях категорий «информация», «информационные ресурсы», «знания» // Дистанционное и виртуальное обучение. 2011. № 6 (48). С. 11–21.
11. Розенберг И.Н. Построение автоматизированной системы дистанционного обучения для специалистов // Дистанционное и виртуальное обучение. 2013. № 2. С. 4–8.
12. Болбаков Р.Г. и др. Мультимедийные образовательные технологии: учебное пособие / Р.Г. Болбаков, В.А. Мордвинов, И.В. Соловьёв, А.Г. Тюрин, В.Я. Цветков, С.В. Филатов. М.: Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики – МГТУ МИРЭА, 2014. 66 с.
13. Tsvetkov V.Ya. Opposition Variables as a Tool of Qualitative Analysis // World Applied Sciences Journal. 2014. № 30(11). P. 1703–1706.
14. Соловьёв И.В. Новый подход к оценке информационных ресурсов // Славянский форум. 2012. № 1(1). С. 258–262.
15. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Информационная ситуация // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 12. С. 126–127.
16. Соловьёв И.В. Применение модели информационной ситуации в геоинформатике // Науки о Земле. 2012. № 1. С. 54–58.
17. Соловьёв И.В. Сложная организационно-техническая система как инструмент исследования искусственных антропогенных систем // Дистанционное и виртуальное обучение. № 1. 2014. С. 5–23.
18. Шорыгин С.М. Элементы языка визуального моделирования // Славянский форум. 2014. № 2 (6). С. 171–175.
19. Цветков В.Я. Дистанционное обучение с использованием динамических визуальных моделей // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. № 2 (10). С. 28–37.
20. Соловьёв И.В. Содержание принципов построения системы // Славянский форум. 2014. № 1(5). С. 350–354.

Heterogeneous computer game as an educational technology

Igor Vladimirovich Soloviev, Prof. Dr., Vice Rector for Research, Moscow State University of Information Technologies, Radio Engineering and Electronics

The article describes a new educational resource heterogeneous business games. The article compares the business computer and heterogeneous business game. The article shows that the heterogeneous computer game business solves more tasks and improves the quality of education. This article describes the methodological and technological requirements for the technology training. The article shows that this technology is a learning phase and at each stage of accumulating knowledge and information resources. The content of heterogeneous computer business game.

Keywords: game, computer game business, heterogeneous computer business game, game model, the scenario of the game, playing time, a set of software and hardware training, life cycle

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

*Евгений Яковлевич Бутко, д-р экон. наук, профессор,
лауреат премии Президента РФ в области образования,
исполняющий обязанности ректора,*

*E-mail: rector@miigaik.ru,
Московский государственный университет геодезии и картографии,
<http://www.miigaik.ru>*

В статье излагаются особенности формирования информационных образовательных ресурсов, стратегия кодификации и персонализация при создании информационных образовательных ресурсов, технология индексирования информационных образовательных ресурсов. Раскрыта измеримость как свойство информационных образовательных ресурсов. Описаны этапы создания и формализации информационных образовательных ресурсов.

Ключевые слова: образование, технологии образования, информационные ресурсы, информационное образовательные ресурсы

Введение. Современная эпоха характеризуется широким распространением и



применением информационных ресурсов. Развитие, информационных технологий и появление новых предметных областей сопровождаются короткими инновационными циклами. Эти тенденции требуют более эффективного использования информационных ресурсов, включая сферу образования. Информационные ресурсы и технологии связывают с понятием «цифровые». Как средства хранения информационных ресурсов появились различные типы цифровых библиотек [1]; хранилищ многократно используемых цифровых объектов [2] и др. Зависимость ресурсов от систем хранения привела к парадигме [3] «ресурс – это “все, что можно идентифицировать”».

В образовании информационные ресурсы выполняют функции информирования и функции передачи знания. Информационные образовательные ресурсы являются, с одной стороны, частью информационных ресурсов. С другой стороны, информационные образовательные ресурсы в дальнейшем служат основой создания новых информационных ресурсов и роста интеллектуального потенциала страны. По существу можно говорить о парадигматической схеме [4].

«информация» → «информационные ресурсы» → «знания»

К информационным образовательным ресурсам относятся не только технические ресурсы, но человеческие ресурсы и интеллектуальный капитал.

Свойства информационных образовательных ресурсов. Основные свойства цифровых информационных образовательных ресурсов включают: кодифицируемость, индексруемость [5], стандартизованность, измеримость.

Кодифицируемость. Для управления информационными образовательными ресурсами (ИОР) используют разнообразные стратегии, которые могут быть отражены стратегиями кодификации (СК) и персонализации [6] (СП). Кодификация означает перевод формальной информации на естественном языке в цифровой или иной специализированный код. По существу кодификация решает задачи получения цифровых ресурсов.

Цифровые ИОР доступны для любого пользователя их можно обрабатывать и хранить, не прибегая к дополнительной интерпретации. Часто кодифицируемые ресурсы называют цифровыми d-ИОР (digital), или электронными информационными ресурсами e-ИОР.

Стратегия персонализации использования ИОР состоит в трансформации информационных ресурсов в вид, который понятен одному человеку или узкой группе лиц. Примером являются конспекты студента, который их может написать так, что даже лектор их не поймет, но сам автор в них разберется. Чаще всего такие ресурсы формируют под специальные задачи и знания понятные только специалистам. Если для большинства ученых эти ресурсы непонятны и не интерпретируемы, то знания, которые в них содержатся называют неявными (*tacit*) [7].

Любая стратегия управления ИОР будет позиционироваться на шкале СК-СП. Для получения выгод от использования ИОР должна применяться стратегия кодификации, т.е. должны быть сформированы е-ИОР. В е-ИОР должны учитываться процессы, относящиеся к разнообразным пользователям. Электронные образовательные ресурсы обеспечивают следующие свойства: доступность, интероперабельность, многократное использование, адаптируемость, виртуализацию, интеллектуализацию. Поясним некоторые из них.

Интероперабельность [8] состоит в возможности использования ИОР, разработанных на одной платформе в другой организацией на другой платформе с другим набором инструментов. Данное свойство важно для системы образования, которая характеризуется существенной гетерогенностью платформ и оборудования. В этом аспекте должна быть обеспечена интероперабельность комплектов элементов метаданных [9], которые описывают разнообразные е-ИОР.

Виртуализация включает возможность построения виртуальных моделей. Адаптируемость состоит в возможности изменения или обновления ИР в соответствии изменениями программного и технологического обеспечения.

Интеллектуализация информационных ресурсов [10] состоит в альтернативном создании двух механизмов: либо интерфейса для использования обычных информационных ресурсов в интеллектуальных технологиях, либо создание интеллектуальных информационных моделей [11] и на этой основе формирование интеллектуальных ресурсов.

Индексированием [5, 12] называют технологию выражения содержания документа и/или смысла информационного запроса на информационно-поисковом языке. Индексирование выполняют на основе непосредственного анализа документа с учетом структуры информационно-поискового массива, элементом которого становится данный документ или данный ИОР.

Одним из главных методов индексирования является координатное индексирование. Это индексирование, цель которого состоит в отражении содержания документа путем включения в информационный образ всех ключевых показателей индексирования. Метод координатного индексирования основан на том, что основное смысловое содержание документа может быть с достаточной степенью точности и полноты выражено набором ключевых слов, содержащихся в индексируемом тексте.

Координатное индексирование может быть свободным или нормализованным (контролируемым). Свободное координатное индексирование означает индексирование ключевыми словами, выбранными непосредственно из полного текста документа и представленными в ИОР в терминологии автора и без учета того, какие ключевые слова уже использовались ранее для индексирования таких же или близких по смыслу документов. При нормализованном индексировании ключевые слова ИОР составляют из дескрипторов нормативного списка – тезауруса.

Стандартизованность. Стандартизация и стандартизованность в области информационных технологий [13] выполняют две функции: контроля и возможности эффективного использования и обмена ИОР. Для эффективного использования ИОР создатели ОИР должны создавать стандартизованные комплексы, упрощающие их освоение и переход к новым версиям. Стандартизация ИОР базируется на ряде

принципов, соответствующих международным стандартам. Одним из неформальных стандартов является подход, состоящий в том, что ИОР формируются из автономных компонент, которые часто являются информационными единицами [14, 15] и могут гибко комбинироваться многими способами для создания ресурсов.

Унификация [8] состоит в возможности каталогизации со стандартными метаданными для того, чтобы их можно было обменивать и интегрировать разные ИОР. *Мобильность*. ИОР проектируются так, чтобы они могли просто использоваться на разных системах через систему стандартной спецификации. *Эволюционность*. Свойство ИР, основанное на тенденции их обновления, обеспечивающее их долгосрочное сохранение в хранилищах (депозитариях) и распространение.

Измеримость. Измерение ИОР необходимо для планирования их использования и управления ими. Примером измерения ИОР является создаваемая общенациональная база данных учебных результатов по всем дисциплинам. Основные идеи подхода [16] включают использование многоуровневой системы оценивания. Этот подход включает оценку концепций, применение многоуровневой оценки, применение количественных оценок отдельных показателей, типа интегральной оценки обучения [17]. Для установления количественно измеряемых характеристик ИОР возможно применение стандарта ISO/IEC 13236:1998. Этот стандарт описывает качество сервиса открытой распределенной обработки для информационных систем. Термин «сервис» в этом стандарте включает [18]:

- обеспечение функций обработки и хранения информации логическими объектами (сущностями), объектами, приложениями, прикладными процессами и т.д., например, в них применяются характеристики, которые относятся к задержке времени и надежности;
- взаимодействие между логическими объектами, объектами, приложениями и т.д.;
- информацию, которая содержится в системе, например, характеристики конфиденциальности и времени жизни;
- сервисы передачи данных/коммуникаций;
- физическое оборудование (возможность использования).

Характеристики сервиса группируются на общие, специализации общих характеристик и производные (от общих и специализаций) характеристики. В целом, эти характеристики понятны (объем, задержка во времени и точность), логично построены и обозримы. Интегральная оценка осуществляется посредством требований, адаптированных из [19]:

Создание и формирование. Одним из этапов создания информационных образовательных ресурсов является классификация собранной информации, которая служит основой дальнейших действий. Классификация соотносит различные информационные ресурсы и их характеристики к разным классам, подклассам и типам, что дает возможность систематизировать исходные наборы данных и использовать свойства классов при последующем применении ресурсов.

После того, как информационные образовательные ресурсы классифицированы, осуществляется их унификация. Разнообразие технологий и методов сбора данных порождает разнообразие типов данных, которые впоследствии необходимо обрабатывать. Обрабатывать множество различных данных неудобно и неэффективно. Для упрощения процесса обработки, хранения и обмена разнородные информационные образовательные ресурсы приводят к единому структурному виду, который используется при последующей обработке информации. Такие информационные образовательные ресурсы называют унифицированными. Процедура сведения разнородных видов и структур данных к единому виду и структуре называется унификацией [20]. Однако не все ресурсы можно унифицировать и не в равной степени.

Основой формирования информационных ресурсов являются информационное

моделирование и информационные технологии [14]. При этом для современных информационных ресурсов сложность и ее оценка становится фактором, требующим дополнительного учета.

Формализация предшествует кодификации и является основой стандартизации. Современные образовательные информационные ресурсы отличаются рядом особенностей. Главной особенностью информационных образовательных ресурсов является невозможность однозначно описать исследуемую совокупность ресурсов классическими математическими методами [21]. Это можно определить как сложность описания. Математические модели пригодны для описания, наиболее общих свойств и закономерностей, и всегда остается широкий спектр проблем, которые не могут быть описаны на основе существующих формальных методов. Главными причинами, затрудняющими формализованное описание информационных ресурсов, являются:

- 1) неполнота и нечеткость информации [22], входящей в информационные ресурсы о состоянии и поведении сложных систем;
- 2) антропозентризм [23];
- 3) возможное отсутствие четко сформулированных целей использования ресурсов;
- 4) отсутствие ограничений, накладываемые на них извне или изнутри;
- 5) недостаточная структурированность [24], нелинейность;
- 6) отсутствие полной согласованности форматов данных [25].

Хранение. Наличие информационных образовательных ресурсов требует разработки специальных технологий и систем хранения. В настоящее время существуют два различных класса информационных систем. Один класс осуществляет обработку или манипуляцию с данными, другой – организацию систем данных для их хранения. Другими словами, необходимо говорить о системе данных и о системе обработки данных. Обе системы являются информационными.

На практике эти два класса существуют в любой ИС. При этом, в зависимости от специализации системы, одна из функций может быть основной, а другая – вспомогательной. Кроме того, эти два класса информационных систем обусловили необходимость применения двух типов информационных логических единиц [26]: логическую единицу хранения и логическую единицу обработки. Кроме логических единиц применяют физические единицы. Например, физической единицей обработки информации в компьютере является машинное слово. Физической единицей хранения информации на диске является кластер. Информационные ресурсы хранят в базах данных или в виде совокупности файлов. В первом случае речь идет о структурированных информационных ресурсах, во втором – о слабоструктурированных.

В силу того, что файловые системы являются хранилищем файлов, принадлежащих разным пользователям, системы управления файлами должны обеспечивать авторизацию доступа к файлам. В общем виде подход состоит в том, что по отношению к каждому зарегистрированному пользователю данной вычислительной системы для каждого существующего файла указываются действия, которые разрешены или запрещены данному пользователю.

Управление. Информационные ресурсы требуют управления как многие другие виды ресурсов. Однако управление ИОР имеет свою специфику. Она состоит в том, что в процессе обучения осуществляется передача знания. Поэтому управление ИОР связано с технологиями управлением знаниями [27]. Управление информационными образовательными ресурсами осуществляется с помощью информационных технологий управления или с помощью специальных технологий управления ресурсами. Это дает основание говорить о менеджменте информационных образовательных ресурсов [28, 29]. Соответственно, можно говорить и о маркетинге информационных

образовательных ресурсов [30, 31].

Управление информационными образовательными ресурсами направлено на обеспечение высокого качества образования [32].

Концептуальная модель (K_m) [18] управления информационными образовательными ресурсами может быть представлена в виде совокупности принципов, имеющих вид:

$$K_m = \langle Ц_0, M, B_c, C_c, K_c, Ц_у, M_n, K_y \rangle.$$

В этой совокупности базовыми принципами являются: целевая определенность – $Ц_0$, моделирование – M , временное согласование – B_c , структурное соответствие C_c , коммуникационное соответствие – K_c , цикличность управления – $Ц_у$, многоаспектность применения – M_n , когнитивность управления – K_y . Каждый принцип отражает определенный аспект управления.

Принцип целевой определенности состоит в четком определении целей управления. Этот принцип отражает аспект наличия цели при использовании ресурсов.

Принцип моделирования – означает использование различных моделей, для создания и описания информационных образовательных ресурсов. Этот принцип отражает аспект необходимости моделирования при управлении ресурсами. Принцип моделирования определяет, что управлению предшествует построение моделей.

Принцип временного согласования состоит в том, что время управления (T_y) не должно превышать времени существенного изменения (T_{ci}) содержания информационных ресурсов. Другими словами, они не должны устаревать в период их применения.

$$T_{ci} \gg T_y = \sum_{i=1}^N T_{S_i} \quad (1)$$

T_{si} – время работы функционального элемента системы управления.

Принцип структурного соответствия означает, что каждый элемент структуры информационных образовательных ресурсов должен соответствовать целям их применения.

Принцип коммуникационного соответствия означает, что между частями информационных ресурсов возможен информационный обмен и информационное взаимодействие.

Принцип цикличности управления состоит в том, что процесс управления информационными образовательными ресурсами должен носить циклический характер, включая их аудит и обновление. Он отражает известное положение того, что управление в большинстве включает совокупность качественно повторяющихся процедур, образующих различные циклы.

Принцип многоаспектности применения состоит в том, что применение информационных образовательных ресурсов должно быть много аспектным, то есть направленным на решение ряда задач, а не одной задачи.

Принцип когнитивности управления [33] означает, что управление информационными образовательными ресурсам строится при участии лица принимающего решение (ЛПР). Регулирующие воздействия ЛПР призваны минимизировать возмущающие факторы и обеспечить более эффективное использование образовательного ресурса в рамках принятых решений.

Заключение. Информационные образовательные ресурсы являются основой для технологий обучения и информационных образовательных услуг. Как все ресурсы они ограничены во времени и имеют свой жизненный цикл. Это обстоятельство требует учета при их создании. Как многие виды информационных продуктов,

информационные образовательные ресурсы требуют организации их хранения и информационной защиты. Информационные образовательные ресурсы, с одной стороны, близки библиотечным информационным ресурсам. С другой стороны, близки технологиям управления знаниями. Это требует применения индексирования и каталогизации таких ресурсов. Это требует при разработке моделей ИОР применения интеллектуального моделирования.

Литература

1. Lyons P. Managing access to digital information: some basic terminology issues // The International Information and Library Review. Vol. 29. № 2. 1997. P. 205–213.
2. Lorcan Dempsey Scientific, Industrial, and Cultural Heritage: a shared approach: A research framework for digital libraries, museums and archives. URL: <http://www.ariadne.ac.uk/issue22/dempsey/>
3. Ora Lassila and Ralph Swick, eds. Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification [W3C Recommendation]. 134 p.
4. Иванников А.Д., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Основы теории информации. М.: МаксПресс, 2007. 356 с.
5. Соловьёв И.В. Каталогизация и индексирование информационных ресурсов // Перспективы науки и образования. 2014. № 4. С. 25–31.
6. Bernadette Burt & Julie Dickson. What you should know about Managing Knowledge. Oracle scene. Issue 1. Spring, 2000. P. 13–17.
7. Сигов А.С., Цветков В.Я. Неявное знание: оппозиционный логический анализ и типологизация // Вестник Российской Академии Наук. 2015. Т. 85. № 9. С. 800–804. DOI: 10.7868/S0869587315080319
8. Поляков А.А., Цветков В.Я. Прикладная информатика: учебно-метод. пособие: в 2-х частях / под общ. ред. А.Н. Тихонова. М.: МАКС Пресс, 2008. Ч. 2. 860 с.
9. Bearman D., G. Rust, et. al. A Common Model to Support Interoperable Metadata // D-lib Magazine. 1999. January. P. 7–12.
10. Соловьёв И.В. Формирование интеллектуальных ресурсов в геоинформатике // Науки о Земле. 2013. № 2–3. С. 76–79.
11. Цветков В.Я. Информационные модели и информационные ресурсы // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2005. № 3. С. 85–91.
11. Deerwester S. C. et al. Indexing by latent semantic analysis // JASIS. 1990. Т. 41. № 6. С. 391–407.
13. Цветков В.Я. Особенности развития информационных стандартов в области новых информационных технологий // Информационные технологии. 1998. № 8. С. 2–7.
14. Тымченко Е.В. Информационные технологии в формировании образовательных ресурсов // Управление образованием: теория и практика. 2015. № 1(17). С. 179–187.
15. Tsvetkov V.Ya. Information Units as the Elements of Complex Models // Nanotechnology Research and Practice. 2014. Vol.(1). № 1. P. 57–64.
16. Dublin Core Metadata Initiative. Dublin Core Metadata Element Set. Ver. 1.1. URL: <http://purl.org/dc/documents/rec-dces-19990702.htm> (дата обращения: 14.06.2015).
17. Цветков В.Я., Оболяева Н.М. Использование интегрального показателя успеваемости для оценки управления качеством образования // Дистанционное и виртуальное обучение. 2012. № 6. С. 23–26.
18. ISO/IEC 13236:1998. Information technology – Quality of service: Framework.
19. ISO/DIS 9004:2000 Quality management systems – Guidelines for performance improvements.
20. Соловьёв И.В. Новый подход к оценке информационных ресурсов // Славянский форум. 2012. № 1(1). С. 258–262.
21. Ожерельева Т.А. Сложность информационных ресурсов // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4. С. 80–85.
22. Павлов А.И. Информационные ресурсы в образовании // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 5. С. 74–78.
23. Цветков В.Я. Антропознтропия как характеристика процессов обучения // Дистанционное и виртуальное обучение. 2014. № 8(86). С. 5–11.
24. Тымченко Е.В. Структуризация информационных образовательных ресурсов //

Управление образованием: теория и практика. 2014. № 3. С. 181–188.

25. Дулин С.К., Розенберг И.Н. Об одном подходе к структурной согласованности геоданных // Мир транспорта. 2005. Т. 11. № 3. С. 16–29.

26. Ожерельева Т.А. Логические информационные единицы // Славянский форум. 2015. № 2(8). С. 240–249.

27. Bernadette Burt & Julie Dickson. What you should know about Managing Knowledge. Oracle scene. Issue 1. Spring. 2000. P. 13–17.

28. Bergeron P. Information resources management // Annual Review of Information Science and Technology. 1996. Т. 31. С. 263–300.

29. Цветков В.Я. Об опыте применения ИКТ при управлении вузом в рамках международной программы Tempus JER 27081-2006 // Современные проблемы науки и образования. 2009. № 6. С. 40–41.

30. Савиных В.П., Цветков В.Я. Маркетинг образовательных услуг // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2007. № 4. С. 169–176.

31. Ожерельева Т.А. Особенности развития маркетинга образовательных услуг // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 3. С. 113–115.

32. Obolyaeva N.M. Quality education management based on information technology // European Researcher. 2012. Vol.(36). № 12-1. P. 2146–2149.

33. Болбаков Р.Г. Основы когнитивного управления // Государственный советник. 2015. № 1. С. 45–49

Formation of information of educational resources

*Evgeniy Yakovlevich Butko, Doctor of Economics, professor, laureate of the Russian President in the field of education, Acting Rector of the Moscow State University of Geodesy and Cartography
e-mail: rector@miigaik.ru*

This article describes the methods of formation of educational information resources. This article describes the codification strategy and personalization to create educational information resources. This article describes the information technology index of educational resources. The article reveals the concept of «measurable» as a property information educational resources. This article describes the steps involved in creating and formalizing the information educational resources.

Keywords: education, technology education, information resources, educational resources

УДК 378.147

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ КУРСА «СТАТИСТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В SPSS»

Ирина Петровна Мединцева, канд. пед. наук, доцент кафедры
информационных систем и математического моделирования,

E-mail: medinira@yandex.ru,

Волгоградский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ»,

<http://vlgr.ranepa.ru>

В статье рассматривается проблема построения курса «Статистическая информация в SPSS», определены его структура, цель и задачи. Отмечена роль курса в формировании компетенций при обучении студентов-социологов. Показана важность решения профессионально-ориентированных задач.

Ключевые слова: подготовка студентов-социологов, компетенции, статистическая информация, анализ данных в SPSS



И.П. Мединцева

имеет свои особенности, связанные со структурой информации, содержанием задач исследования и интерпретацией полученных результатов. Подготовка социологов направлена на формирование грамотной работы с информацией, умения собирать необходимые для социологического исследования данные, анализировать их, выдвигать гипотезы решения проблем, делать необходимые обобщения, устанавливать статистические закономерности, формулировать аргументированные выводы. В связи с этим актуализируется необходимость разработки курсов, помогающих освоить обработку информации с использованием современных статистических пакетов. В Волгоградском

филиале РАНХиГС нами разработан и включен в учебный план подготовки бакалавров на факультете государственного и муниципального управления по направлению подготовки 040100.62 «Социология» курс «Статистическая информация в SPSS» как вузовский компонент цикла математических и естественнонаучных дисциплин.

Следует отметить, что изучение данного курса является важной составляющей фундаментальной подготовки студентов, позволяющей сформировать значимые компетенции будущих социологов [1]. В ходе освоения курса «Статистическая информация в SPSS» студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные (ОК) и профессиональные компетенции (ПК):

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-11);

- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-13);

- способность самостоятельно формулировать цели, ставить конкретные задачи научных исследований в различных областях социологии и решать их с помощью современных исследовательских методов с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта и с применением современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий (ПК-2);

- умение обрабатывать и анализировать данные для подготовки аналитических решений, экспертных заключений и рекомендаций (ПК-8);

- способность использовать методы сбора, обработки и интерпретации комплексной социальной информации для решения организационно-управленческих задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности (ПК-11) [2].

Основная цель курса – познакомить студентов-социологов с применением SPSS в их будущей профессиональной деятельности.

Задачами курса являются:

- изучение основных методов анализа экспериментальных данных в области социологии;

- приобретение практических навыков работы по обработке данных с помощью программы SPSS;

- формирование умений работать с анкетными данными;

- формирование умений самостоятельно анализировать и интерпретировать полученные результаты.

Для наиболее результативного достижения цели и решения выдвинутых задач курс построен в логической связи с предшествующими дисциплинами, базируется на знаниях, полученных при изучении математической статистики, методов прикладной

статистики, информатики, современных информационных технологий в социальных науках, и в дальнейшем обеспечивает успешное освоение специальных дисциплин, которые предусмотрены учебными планами направления подготовки «Социология».

Курс общим объемом 72 часа рассчитан на один семестр, форма контроля освоения курса – зачет.

В рамках курса рассматриваются следующие вопросы: первичная обработка данных, непараметрические критерии различий, непараметрические критерии изменений, параметрические критерии, корреляционно-регрессионный анализ, критерии согласия распределений, дисперсионный анализ, факторный анализ, кластерный анализ.

Чтение лекций осуществляется с использованием презентационного оборудования. Излагаемый материал включает назначение статистических методов, формулировку гипотез, алгоритм действий в SPSS версии 22. Особое внимание на лекции уделяется примерам, иллюстрирующим применение изучаемых статистических методов в социологии. Рассмотрение примера происходит с подробным описанием хода решения задачи в SPSS, с интерпретацией полученных результатов и выводами.

По нашему мнению, особый интерес представляют собой практические занятия, где осуществляется отработка учебного материала, формирование у студентов умений и навыков работы с программой SPSS. Каждая практическая работа посвящена изучению определенного статистического метода и подкреплена решением задач, что помогает студентам усвоить основные методы обработки, команды в SPSS, развивает мышление и творческие способности студентов. Проведение практических занятий в компьютерном классе позволяет применять различные активные и интерактивные методы обучения [3–6].

Следует отметить, что необходимым условием формирования значимых компетенций является отбор задач, имеющих смысловое, профессионально-ориентированное содержание, что позволяет продемонстрировать студентам значение изучаемого курса в будущей профессиональной деятельности, способствует реализации межпредметных связей.

Студенты для решения задач создают необходимые файлы данных, на основе пошаговых инструкций выполняют задания, по результатам обработки делают выводы и отвечают на вопрос задания.

Представленный курс прошел апробацию, нами разработан компетентностно-ориентированный учебно-методический комплекс, в состав которого входят рабочая программа, методические рекомендации по изучению курса для студентов (рекомендации по использованию учебно-методического комплекса, пожелания по изучению отдельных тем курса, рекомендации по работе с литературой, разъяснения по работе с тестами и практическими задачами, советы по подготовке к зачету), материалы практических заданий, словарь основных терминов, фонд оценочных средств.

Как показал анализ педагогической практики, разработанный курс помогает сформировать положительную мотивацию обучения, развить навыки, необходимые для будущей профессиональной деятельности.

Авторы считают, что реализация данных подходов к построению курса «Статистическая информация в SPSS» позволит будущим социологам эффективно освоить современные статистические программы для обработки социологических опросов, сформировать умение интерпретировать результаты статистического анализа, понимать тексты, в которых используется статистическая обработка экспериментальных данных, приобрести навыки решения профессиональных задач.

Литература

1. *Мединцева И.П.* Роль курса «Статистическая информация в SPSS» в формировании компетенций студентов-социологов // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 11. № 14 (141). С. 95–98.
2. Приказ Минобрнауки РФ от 29.03.2010 № 230 (ред. от 31.05.2011 № 1975) «Об утвер-

ждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 040100 Социология (квалификация (степень) «бакалавр»)). URL: www.consultant.ru – Официальный сайт компании «Консультант Плюс».

3. Сальникова Н.А. Адаптивное тестирование как инструмент повышения качества учебного процесса // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2011. Т. 8. № 10 (83). С. 126–129.

4. Сальникова Н.А., Михнев И.П. Проведение аттестации знаний студентов с помощью компьютерного тестирования // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2007. Т. 4. № 7 (33). С. 182–185.

5. Астафурова О.А., Сальникова Н.А., Кулагина И.И. Интеграция научных разработок в обучении бакалавров экономического профиля // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 11. № 14 (141). С. 12–14.

6. Лопухов Н.В., Науменко И.И. Применение системного моделирования в образовательном процессе на примере модели «расширение сферы деятельности» // Альманах современной науки и образования. 2011. № 8. С. 120–122.

Experience of development of the course “Statistical information in SPSS”

Irina Petrovna Medintseva, Ph.D., Associate Professor of Information Systems and Mathematical Modelling, Volgograd branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration

In article the problem of creation of the course «Statistical Information in SPSS» is considered, its structure, the purpose and tasks are defined. The course role in formation of competences when training students sociologists is noted. Importance of the solution of the professional focused tasks is shown.

Keywords: training of students sociologists, competences, statistical information, the analysis of data in SPSS

УДК [004.421+004.438](076.5)

МЕТОДИКА БЫСТРОГО ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ КЛАССОВ ЗАДАЧ (8-10)

Юрий Александрович Аляев, доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем,

E-mail: alyr1@yandex.ru,

Пермский военный институт внутренних войск МВД России,

<http://pvivv.ru>

Предлагается методика быстрого обучения программированию на основе изучения классов задач, разработанная и применяющаяся на практике в процессе обучения программированию студентов вузов.

Ключевые слова: алгоритм, программа, язык программирования Паскаль, массив

Введение

Разделы курса «Информатика» – алгоритмизация и программирование – остаются наиболее важными для формирования алгоритмического мышления. Поскольку в школах данные разделы преподаются в недостаточном объеме, в вузе возникает необходи-

мость начинать обучение с нуля и достичь хорошего уровня программирования при ограниченном количестве часов преподавания.

Этого удастся добиться за счет применения рациональных методов обучения, прежде всего, последовательно проводя идеи обучения на основе выделения элементарных операций деятельности по построению алгоритмов и программ; выявления структуры алгоритма и форм ее записи на алгоритмическом языке; одинаковой формы алгоритма для решения задач с одинаковой структурой исходных данных [1–2]. Благодаря этим идеям, задачи по программированию удастся разбить на ряд классов и типизировать методы решения задач каждого класса.



Ю.А. Аляев

Предлагаемая методика быстрого обучения программированию на основе изучения классов задач, появилась и применяется на протяжении многих лет в процессе обучения программированию студентов пермских вузов благодаря В.П. Гладкову [2]. В статье рассматриваются методики решения по трем (8–10) из девятнадцати выделенных классов задач (1–7 классы задач рассмотрены в [3–5]).

8 Задачи, решаемые методом перебора

Метод перебора состоит в том, что алгоритм генерирует все возможные комбинации исходных данных и отбирает те из них, которые удовлетворяют заданным условиям. В математике этот метод не получил широкого распространения, к тому же часто прямое применение метода перебора приводит к очень большому количеству вариантов, перебрать которые за обозримое время не может даже современный компьютер. Однако применение этого метода в программировании оправдано тем, что для многих задач получить решение с помощью перебора гораздо проще, чем с помощью других методов. В результате очень сложные задачи, решить которые мог только хорошо подготовленный математик, поддаются усилиям человека с довольно скромными математическими способностями. Кроме того, можно принять некоторые меры для уменьшения количества перебираемых вариантов за счет исключения заведомо неперспективных.

Задача 1. Для каждого четырехзначного числа составляется дробь: отношение суммы цифр числа к самому числу. Найдите четырехзначное число, для которого эта дробь наибольшая.

Решение. Числу 1234 соответствует дробь 0,0081, а числу 9876 – 0,003. Для перебора всех четырехзначных чисел организуем четыре вложенных цикла. В первом цикле будут перебираться цифры в разряде тысяч от 1 до 9 (ноль исключается, потому что число заведомо четырехзначное), во втором – сотен от 0 до 9, в третьем – десятков от 0 до 9, в четвертом цикле – единиц от 0 до 9. Исходным значением искомого отношения может быть ноль.

```
y:=0; {начальное значение отношения}
a:=0; {искомое число}
for i:=1 to 9 do
  for j:=0 to 9 do
    for k:=0 to 9 do
      for l:=0 to 9 do
        begin s:=i+j+k+l;
              x:=((10*i+j)*10+k)*10+l;
              if y<s/x then begin y:=s/x; a:=x; end;
            end;
```

Задача 2. Найдите все натуральные трехзначные числа, каждое из которых обладает двумя следующими свойствами:

- 1) первая цифра в три раза меньше последней его цифры;
- 2) сумма самого числа с числом, получающимся из него перестановкой второй и

третьей цифр, делится на 8 без остатка.

Решение. Простое решение можно получить по аналогии с предыдущим:

```
for i:=1 to 9 do {цифра сотен}
  for j:=0 to 9 do {цифра десятков}
    for k:=0 to 9 do {цифра единиц}
      if (i=3*k) and ((100*i+10*j+k+100*i+10*k+j) mod 8=0)
        then write(i,j,k,' ');
```

Посмотрим, каким образом можно уменьшить перебор. Если цифра сотен в три раза меньше цифры единиц, то $k=3*i$. Поскольку k – цифра, то $k=3*i \leq 9$ или $i \leq 3$. Рассмотрим второе условие, приведем в нем подобные члены: $(100*i+10*j+3*3*i+100*i+10*3*i+j) \bmod 8=0$ получим $(200*i+33*i+11*j) \bmod 8=0$. Поскольку $200*i$ делится на 8, то его можно отбросить. Таким образом, нужно проверять условие $(33*i+11*j) \bmod 8=0$ или $11*(3*i+j) \bmod 8=0$. Получаем следующий фрагмент программы:

```
for i:=1 to 3 do
  for j:=0 to 9 do
    if (3*i+j) mod 8=0
      then write(i,j,3*i);
```

Задача 3. Найдите все пятизначные числа вида $5m27n$ (m и n – цифры), которые делятся на 15.

Решение. Легко организовать полный перебор всех возможных вариантов.

```
for n:=0 to 9 do
  for m:=0 to 9 do
    if (50000+n*1000+270+m) mod 15=0
      then write(5,n*1000+270+m,' ');
```

Уменьшим перебор. Число делится на 15, если оно делится на 5 и 3 ($15=5 \cdot 3$). Число делится на 5, если оно оканчивается на 0 или 5. Следовательно, значениями m могут быть только цифры 0 или 5. Число делится на 3, если сумма его цифр делится на 3. Три цифры числа известны, их сумма равна $5+2+7=14$. Если $m=0$, то сумма равна 14 и нужно подобрать такое n , чтобы сумма была кратна 3. Отсюда: значение n изменяется от 1 до 9 с шагом 3. Если $m=5$, то сумма четырех цифр равна 19, следовательно, n изменяется от 2 до 9 с шагом 3.

```
n:=1;
while n<=9 do
begin write(5,n,270,' ');
  n:=n+3;
end;
writeln;
n:=2;
while n<=9 do
begin write(5,n,275,' ');
  n:=n+3;
end;
```

Задача 4. Последовательность перестановок на множестве $\{1,2,\dots,n\}$ представлена в лексикографическом порядке, если она записана в порядке возрастания получающихся чисел. Например, лексикографическая последовательность перестановок трех элементов имеет вид 123,132,213,231,312,321. Сформировать все k -элементные перестановки множества $\{1,2,3,\dots,n\}$ в лексикографическом порядке.

Решение. Для хранения перестановок будем использовать массив.

```
const nn=100;
```

```

type mas=array[1..nn] of integer;
var      a:mas;
         i,j,k,n,p:integer;
begin
  write('Введите n и k ');readln(n,k);
  for i:=1 to k do a[i]:=i;
  p:=k;
  while p>=1 do
  begin
    for j:=1 to k do write(a[j], ' ');writeln;
    if a[k]=n then p:=p-1 else p:=k;
    if p>=1
    then for i:=k downto p do a[i]:=a[p]+i-p+1;
  end;
end.

```

Задача 5. Любую целочисленную сумму денег большую 7 руб. можно выплатить без сдачи купюрами по 3 руб. и 5 руб. По заданному целому положительному n определить пару целых неотрицательных чисел a и b , таких, что $n=3*a+5*b$.

Решение. Для решения задачи можно использовать ветвящиеся алгоритмы. Заметим, что если выплачивать деньги трешками, то в остатке могут получиться 0, 1 или 2. Если в остатке получился 0, то вся сумма выдается купюрами по 3 руб. ($a=n \div 3$, $b=0$). Если в остатке получился 1 руб., нужно забрать обратно три купюры по 3 руб. и выдать две купюры по 5 руб. ($3*3+1=10 \div 5=2$, $a=n \div 3-3$, $b=2$). Это решение можно применять, начиная с $n=10$. Если в остатке получилось 2 руб., то нужно забрать одну купюру 3 руб. и выдать одну купюру 5 руб. ($3+2=5 \div 5=1$, $a=n \div 3-1$, $b=1$). Построим таблицу решений:

$n \bmod 3=0$	1		
$n \bmod 3=1$		1	
$n \bmod 3=2$			1
$a=n \div 3$, $b=0$	x		
$a=n \div 3-3$, $b=2$		x	
$a=n \div 3-1$, $b=1$			x

От нее перейдем к программе:

```

ost:=n mod 3;
chas:=n div 3;
if ost=0
then write('3*',chas,'+5*0=',n)
else   if ost=1
       then write('3*',chas-3,'+5*2=',n)
       else write('3*',chas-1,'+5*1=',n);

```

Возможен вариант решения, когда деньги выдаются купюрами по 5 руб. В этом случае возможны остатки 0, 1, 2, 3 и 4 рубля. Если в остатке получается 0, то ($a=0$, $b=n \div 5$) все деньги можно выдать купюрами по 5 руб. Если в остатке получается 1, то можно забрать одну купюру 5 руб. и выдать две купюры по 3 руб. ($5+1=6 \div 3=2$, $a=2$, $b=n \div 5-1$). Если в остатке получается 2, то можно забрать две купюры по 5 руб. и выдать четыре купюры по 3 руб. ($2*5+2=12 \div 3=4$, $a=4$, $b=n \div 5-2$). Если в остатке получается 3, то эту тройку можно выдать одной трешкой ($a=1$, $b=n \div 5$). Если в остатке получается 4, то можно забрать одну купюру 5 руб. и выдать три купюры по 3 руб. ($5+4=9 \div 3=3$, $a=3$, $b=n \div 5-1$). Построим таблицу решений:

$n \bmod 5=0$	1				
$n \bmod 5=1$		1			
$n \bmod 5=2$			1		
$n \bmod 5=3$				1	
$n \bmod 5=4$					1
$a=0, b=n \operatorname{div} 5$	x				
$a=2, b=n \operatorname{div} 5-1$		x			
$a=4, b=n \operatorname{div} 5-2$			x		
$a=1, b=n \operatorname{div} 5$				x	
$a=3, b=n \operatorname{div} 5-1$					x

От нее перейдем к программе:

```

ost:=n mod 5;
chas:=n div 5;
if ost=0
then write('3*0+5*',chas,'=',n)
else if ost=1
    then write('3*2+5*',chas,'=',n)
    else if ost=2
        then write('3*4+5*',chas,'=',n)
        else if ost=3
            then write('3*1+5*',chas,'=',n)
            else write('3*3+5*',chas,'=',n);

```

Получим с помощью перебора все решения этой задачи. Значение количества выданных купюр по 3 руб. не может превысить $n \operatorname{div} 3$, а значение количества выданных купюр по 5 руб не может превысить $n \operatorname{div} 5$. Исходя из этого, организуем циклы перебора:

```

repeat
    write('Введите значение n>7 ');
    readln(n);
until n>7;
for a:=0 to n div 3 do
    for b:=0 to n div 5 do
        if n=3*a+5*b
            then writeln('3*',a,'+5*',b,'=',n);

```

Для $n=128$ получаем следующие решения, причем только два из них могли быть получены ранее с помощью построенных ветвящихся алгоритмов:

```

3* 1+5*25=128; {решение получено ветвящимся алгоритмом}
3* 6+5*22=128;
3*11+5*19=128;
3*16+5*16=128;
3*21+5*13=128;
3*26+5*10=128;
3*31+5* 7=128;
3*36+5* 4=128;
3*41+5* 1=128. {решение получено ветвящимся алгоритмом}

```

Задача 6. Требуется расставить n ферзей на шахматной доске размером $n \times n$ так, чтобы они не угрожали друг другу.

Решение. Для решения задачи организуем перебор с возвратом. Будем исходить из следующего: в каждом столбце может стоять только один ферзь, поэтому представим шахматную доску одномерным массивом, в котором номер элемента будет соответствовать столбцу, а содержимое – строке, в которой стоит ферзь. Два ферзя нельзя

поставить в одну строку, поэтому массив должен содержать сведения о перестановке элементов от 1 до n. Условие того, что два ферзя не находятся в одной строке, запишем в виде неравенства всех элементов массива друг другу. Два ферзя не могут находиться на одной диагонали. Это условие запишем в виде неравенства модулей разности содержимого любых двух элементов массива и модуля разности их индексов.

В программе последовательно перебираем клетки шахматной доски, и пытаемся поставить ферзя на очередную клетку. Если этого не удастся сделать, то переходим к следующей клетке. Если клетки столбца закончились, а нам не удалось поставить ферзя, то возвращаемся к предыдущему столбцу, и продолжаем перебор его клеток. Перебор выполняется до тех пор, пока не будет получена нужная расстановка или закончились все клетки.

Представленная ниже программа решает задачу, используя перебор с возвратом.

```
uses crt;
const nn=10;
type mas=array[1..nn]of byte;
var a:mas; {представление шахматной доски}
    n:byte; {размер доски}
    i,j:byte; {индексы}
    f:boolean;
    function proverka(i:byte):boolean;
        {функция проверяет можно ли поставить ферзя в строку a[i], столбец i}
var f1:boolean;j:byte;
begin j:=1;f1:=true;
    while (j<i) and f1 do
        if not((a[i]=a[j]) or (abs(a[i]-a[j])=abs(i-j)))
            then j:=j+1
            else f1:=false;
        proverka:=f1;
    end;
begin textbackground(7);
    textcolor(1);
    clrscr;
    write('Введите n ');
    readln(n);
    for i:=1 to n do a[i]:=0;
    i:=0;
    f:=true;
    f1:=true;
    while f and (i<=n) do
        begin if f1
            {делаем ход по столбцу}
        then begin i:=i+1;a[i]:=1;
            f1:=proverka(i);
            end
        else {возврат}
            begin while (a[i]=n) and (i>=1) do i:=i-1;
                if i>=1 then a[i]:=a[i]+1;
                if i=0 then f:=false;
                f1:=proverka(i);
            end;
            end;
        end;
    if f
```



```
then begin writeln('Решение');  
    for i:=1 to n do write(a[i], ' ');  
end  
else write('Решений нет');  
readln;  
end.
```

9 Одномерные массивы

Задача 1. Вычислить сумму нескольких произвольных элементов массива, индексы которых вводятся с клавиатуры. Признаком окончания ввода является ноль.

В этом и следующих примерах будем считать, что описан одномерный массив с нижней границей индекса 1 и верхней – nn. В массиве используются только n элементов.

```
Const nn=50;  
type mas=array [1..nn] of real;  
var    a:mas; {исходный массив}  
    n:integer; { количество используемых элементов <=nn}  
    i,j,k:integer; { индексы массива }
```

Решение. Пусть $n=5$ и массив a содержит следующие значения: $a[1]=-3, a[2]=17, a[3]=4, a[4]=-5, a[5]=81$. Последовательность ввода имеет вид: 3,1,10,3,5,0. В этом случае искомая сумма вычисляется в следующем порядке:

- 1) $s:=0$;
- 2) $s:=s+a[3]=0+4=4$;
- 3) $s:=s+a[1]=4+(-3)=1$;
- 4) сообщение пользователю: «В массиве нет элемента с индексом 10»;
- 5) $s:=s+a[3]=1+4=5$;
- 6) $s:=s+a[5]=5+81=86$;
- 7) 0 – конец ввода.

В результате получена сумма $s=86$.

Организуем цикл ввода элементов до нуля. В теле цикла будем проверять допустимость индекса, и находить сумму или выдавать сообщение о неправильном индексе. Получим фрагмент алгоритма на языке Паскаль:

```
{Ввод массива}  
write('Введите используемое количество элементов ');readln(n);  
write('Введите ',n,' элементов массива ');  
for i:=1 to n do read(a[i]);  
{Вычисление суммы}  
s:=0;  
write('Введите индекс ');read(i);  
while i<>0 do  
begin if (1<=i) and (i<=n)  
    then s:=s+a[i]  
    else writeln('В массиве нет элемента с индексом ',i);  
write('Введите индекс ');read(i);  
end;  
{Вывод ответа} writeln('s=',s);.
```

Задача 2. Для каждого элемента массива просмотреть все последующие элементы. Здесь возможно несколько вариантов.

Вариант 1. Массив просматриваем по одному элементу слева направо. Подмассив просматриваем по одному элементу тоже слева направо. Обозначим i – индекс массива, а j – индекс подмассива, тогда схема примет вид:

```
for i:=1 to n-1 do {у последнего элемента нет последующего}  
for j:=i+1 to n do {обработка a[j]}
```

Вариант 2. Подмассив просматриваем справа налево.

```
for i:=1 to n-1 do
begin
  j:=n;
  while j>i do
  begin
    {обработка a[j]}
    j:=j-1;
  end;
end;
```

Могут быть использованы и схемы перебора парами, соседями и т.д.

Задача 3. Для каждого элемента просмотреть все предшествующие ему элементы. Пусть i – индекс массива, а j – индекс подмассива.

Случай 1. Основной массив просматривается слева направо, подмассив просматривается так же.

```
for i:=2 to n do {у первого элемента нет предыдущего}
  for j:=1 to i-1 do
    {обработка a[j]}
```

Случай 2. Основной массив просматривается слева направо, а подмассив – справа налево.

```
for i:=2 to n do
begin
  j:=i-1;
  while j>0 do
  begin
    {обработка a[j]}
    j:=j-1;
  end;
end;
```

Случай 3. Основной массив просматривается справа налево, а подмассив – слева направо.

```
i:=n;
while i>1 do
begin
  for j:=1 to i-1 do {обработка a[j]}
  i:=i-1;
end;
```

Случай 4. Основной массив просматривается справа налево, а подмассив – справа налево.

```
i:=1;
while i>1 do
begin
  j:=i-1;
  while j>0 do
  begin
    {обработка a[j]}
    j:=j-1;
  end;
  i:=i-1;
end;
```

Задача 4. Найти сумму (произведение) элементов одномерного массива.

Решение. Каждый элемент массива прибавляется к сумме $s:=s+a[i]$ или умножается на произведение предыдущих элементов $p:=p*a[i]$. Поскольку требуется перебрать все элементы массива, выберем схему перебора элементов по одному, двигаясь с начала или с конца массива.

{сумма элементов массива}	{произведение элементов массива}
$s:=0;$	$p:=1;$
$i:=1;$	$i:=n;$
while $i \leq n$ do	while $i > 0$ do
begin	begin
$s:=s+a[i];$	$p:=p*a[i];$
$i:=i+1;$	$i:=i-1;$
end;	end;

Задача 5. Задан одномерный массив. Нужно переставить элементы в обратном порядке. Другой массив использовать не разрешается. Для массива $a=\{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$ получим результат $a=\{9,8,7,6,5,4,3,2,1\}$.

Решение. При преобразовании меняются местами два элемента: первый и последний, второй и предпоследний и так далее. В случае нечетного количества элементов имеется центральный элемент, который должен остаться на месте. Меняются элементы, симметричные относительно центрального. Индексы каждой пары таких элементов определим по формулам: i и $n+1-i$. Всего в массиве должно произойти $n \div 2$ обменов. Последняя фраза легко переводится на язык Паскаль: организовать арифметический цикл со счетчиком до $n \div 2$, в теле которого меняются местами элементы $a[i]$ и $a[n+1-i]$.

```
for i:=1 to n div 2 do
begin
    r:=a[i];
    a[i]:=a[n+1-i];
    a[n+1-i]:=r;
end;
```

Второе решение. Введем обозначения для пары меняемых элементов: i – элемент, входящий в пару и расположенный в начале массива, j – соответствующий элемент пары, расположенный в конце массива. При таком соглашении i должно быть меньше j . Если $i=j$, то они указывают на один и тот же элемент, который можно не менять. Если $i>j$, то пар больше нет. Таким образом, имеем итерационный цикл, который выполняется до тех пор, пока есть пары элементов. В теле цикла $a[i]$ и $a[j]$ меняются местами.

```
i:=1; j:=n;
while i<j do
begin
    r:=a[i];
    a[i]:=a[j];
    a[j]:=r;
    i:=i+1; j:=j-1;
end;
```

Задача 6. Из массива a получить такой массив b , в котором элементы расположены в таком порядке: $a_n a_1 a_{n-1} a_2 a_{n-2} a_3 \dots$

Решение. Элементы в массиве b чередуются следующим образом. На первом месте стоит последний элемент из массива a , на втором – первый, на третьем – предпоследний, т.е. на нечетных местах располагаются элементы с конца массива a в порядке убывания индексов. На четных местах в массиве b располагаются элементы с начала массива a в порядке возрастания индексов. Выбираем схему перебора по элементам массива b (цикл по выходному массиву). Элементы массива a перебираем по схеме «от обоих концов к середине». Запишем это решение на языке Паскаль:

```
i:=1; {индексы массива a}
j:=n;
```

```
for k:=1 to n do
  if odd(k)
    then begin b[k]:=a[j]; j:=j-1; end
    else begin b[k]:=a[i]; i:=i+1; end;.
```

Задача 7. В заданном одномерном массиве все нулевые элементы переписать в конец массива. Для массива $a=\{1,0,2,3,0,4,5,0,0,6\}$ получим:

$a=\{1,2,3,4,5,6,0,0,0,0\}$.

Решение. Воспользуемся услугами вспомогательного массива, в который вначале перепишем ненулевые элементы, оставшуюся часть вспомогательного массива заполним нулями. Затем перепишем содержимое вспомогательного массива в исходный массив. Соответствующий вариант решения приведен ниже. Здесь a – исходный массив, i – индекс массива a , b – вспомогательный массив, j – его индекс. Размерность обоих массивов – n .

```
j:=1; {указывает номер первой свободной позиции в массиве b}
{переписываем все ненулевые элементы из a в b}
for i:=1 to n do
  if a[i]<>0 then begin b[j]:=a[i]; j:=j+1; end;
  {заполняем остаток массива b нулями}
  for i:=j to n do b[i]:=0;
  {переписываем массив b в a}
  a:=b;.
```

Главным недостатком полученного решения является использование вспомогательного массива – нерациональное использование оперативной памяти компьютера. Чтобы обойтись без него, запишем ненулевые элементы в начало исходного массива. Место записи элемента указывает переменная j , которая передвигается по массиву только после записи ненулевого элемента. При найденном нуле значение переменной j не изменяется. Переменная i будет указывать на проверяемый элемент массива, т.е. для одного массива используются два индекса: индекс i перебирает элементы массива a как входного (исходного), а индекс j – как выходного. Результат получается сразу в массиве a . Соответствующий вариант программы приведен ниже:

```
j:=1;
for i:=1 to n do
  if a[i]<>0 then begin a[j]:=a[i]; j:=j+1; end;
  for i:=j to n do a[i]:=0;.
```

Задача 8. Провести поиск среди элементов одномерного массива элемента, равного заданному «аргументу поиска» a . Существует несколько вариантов решения задачи.

Вариант 1 (линейный поиск). Если нет дополнительной информации о разыскиваемых данных, то остается последовательный просмотр массива с увеличением шаг за шагом той его части, где искомого элемента не обнаружено. Такой метод называется линейным поиском. Исходными данными для решения задачи является массив чисел. В результате поиска получаем либо номер элемента, совпадающего с A , либо ответ: «Такого элемента нет». Существует 2 варианта окончания поиска: 1) закончились элементы массива, а нужный элемент не найден; 2) найден нужный элемент.

Первый вариант окончания поиска определяется по истинности условия: $i>n$, где i – текущий элемент массива, n – количество элементов в массиве.

Второй вариант окончания поиска определяется по истинности логической переменной f , где $true$ соответствует найдено, а $false$ – не найдено.

Таким образом, условие окончания поиска записывается в виде $(i>n) \text{ or } f$, что соответствует словесному описанию: «Просмотрены все элементы или не найдено». Просмотр элементов массива в цикле будет выполняться в случае ложности приведенного условия. Найдем его отрицание согласно закону де Моргана: отрицание дизъюнк-

ции равно конъюнкции отрицаний.

$\text{not}((i > n) \text{ or } f) = \text{not}(i > n) \text{ and } \text{not } f = (i \leq n) \text{ and } \text{not } f$.

Программа на языке Паскаль:

```
program POISK;
{линейный поиск элемента в одномерном массиве}
const nn=12; {константа задает максимальный размер массива}
type mas1=array[1..nn] of integer; {тип массива}
var      b:mas1; {исходный массив}
      n:integer; {размер массива}
      a:integer; {число для поиска}
      i:integer; {индекс массива}
      f:boolean; {истина, если искомый элемент найден}
begin
write('Введите размер массива от 1 до ',nn);
repeat {вводим n до тех пор,}
      readln(n); {пока оно не попадет}
until (1<=n) and (n<=nn); {на отрезок от 1 до nn}
{Вводим элементы массива}
for i:=1 to n do
begin write('Введите элемент массива B[' ,i:2,']=');
      readln(b[i])
end;
write('Введите искомый элемент ');
readln(a);
i:=1; {начинаем просмотр с первого элемента}
f:=false; {пока не найдено}
while (i<=n) and not f do
{просматриваем массив, пока есть элементы и не найден искомый}
      if b[i]=a {если совпали,}
      then f:=true {то нашли,}
      else i:=i+1; {иначе перейти к следующему элементу}
if f {вывод результатов поиска}
then write('Номер найденного элемента ',i)
else write('Не нашли');
end.
```

Тестирование.

Тест 1. $n=8$, $B[1]=2$, $B[2]=8$, $B[3]=3$, $B[4]=1$, $B[5]=9$, $B[6]=2$, $B[7]=2$, $B[8]=2$, $a=5$.
Результат поиска: «Не нашли».

Тест 2. $n=7$, $B[1]=2$, $B[2]=8$, $B[3]=3$, $B[4]=1$, $B[5]=9$, $B[6]=8$, $B[7]=2$, $a=8$. Результат
поиска: «Номер найденного элемента 2».

Вариант 2 (линейный поиск с барьером). Применяется широко распространенный прием фиктивного элемента, или барьера, расположенного в конце массива. Это позволяет упростить условие окончания цикла, так как заранее ясно, что хотя бы один элемент, равный A , в массиве есть.

```
program POISK1;
{поиск с барьером в одномерном массиве}
const nn=12; {константа задает максимальный размер массива}
type mas1=array[1..nn] of integer; {тип массива}
var      b:mas1; {исходный массив}
      n:integer; {размер массива}
      a:integer; {число для поиска}
```

```

i:integer; { индекс массива }
begin
write('Введите размер массива от 1 до ',nn-1);
repeat {вводим n до тех пор,}
    readln(n); { пока оно не попадет }
until (1<=n) and (n<=nn); {на отрезок от 1 до nn-1}
{Вводим элементы массива}
for i:=1 to n do
begin
    write('Введите элемент массива B[' ,i:2,']=');
    readln(b[i]);
end;
write('Введите искомый элемент ');
readln(a);
b[n+1]:=a; {добавили барьер, равный a, в конец массива}
i:=1; {начинаем просмотр с первого элемента}
while b[i]<>a do i:=i+1;
{просматриваем массив, пока не найдем}
if i<=n {вывод результатов поиска}
then write('Номер найденного элемента ',i)
else write('Не нашли');
end.

```

Тестирование.

Тест 1. $n=8$, $B[1]=2$, $B[2]=8$, $B[3]=3$, $B[4]=1$, $B[5]=9$, $B[6]=2$, $B[7]=2$, $B[8]=2$, $B[9]=5$, $a=5$. Результат поиска: «Не нашли».

Тест 2. $n=7$, $B[1]=2$, $B[2]=8$, $B[3]=3$, $B[4]=1$, $B[5]=9$, $B[6]=8$, $B[7]=2$, $B[8]=8$, $a=8$. Результат поиска: «Номер найденного элемента 2».

Вариант 3 (поиск методом деления пополам, или двоичный поиск). Предварительно упорядочим (отсортируем) массив: делим его пополам и для сравнения выбираем средний элемент. Если он совпадает с искомым, то поиск заканчивается. Если средний элемент меньше искомого, то все элементы, расположенные левее, также будут меньше искомого. Следовательно, их можно исключить из дальнейшего поиска, оставив только правую часть массива. Если средний элемент больше искомого, то отбрасывается левая часть. Процедура деления массива пополам и отбор части массива для дальнейшего поиска продолжается до тех пор, пока искомый элемент не будет найден или длина части массива не станет равной нулю. Каждый раз величина той части массива, где ведется поиск, уменьшается вдвое. Поэтому максимальное число требующихся сравнений равно $\lceil \log_2 N \rceil$, где N – количество элементов в массиве.

Рассмотрим пример двоичного поиска.

Искомый элемент $a=7$. Исходный массив $n=16$.

Первый шаг поиска:

номер элемента: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16;

массив $B=\{1,3,5,6,7,10,12,14,15,16,20,21,23,25,26,30\}$;

начальная граница поиска $L=1$, конечная граница поиска $R=16$;

середина части поиска $i=(L+R) \div 2 = 8$;

поскольку $B[8]=14 > a=7$, то отбрасываем правую часть: $L=1$, $R=i-1=7$.

Второй шаг поиска:

номер элемента: 1 2 3 4 5 6 7;

массив $B=\{1,3,5,6,7,10,12\}$;

начальная граница поиска $L=1$, конечная граница поиска $R=7$;

середина части поиска $i=(L+R) \div 2 = 4$;

поскольку $B[4]=6 < a=7$, то отбрасываем левую часть: $L=i+1=5$, $R=7$.

Третий шаг поиска:

номер элемента: 5 6 7;

массив $V=\{7,10,12\}$;

начальная граница поиска $L=5$, конечная граница поиска $R=7$;

середина части поиска $i=(L+R) \div 2 = 6$;

поскольку $V[6]=10>a=7$, то отбрасываем правую часть: $L=5$, $R=i-1=5$.

Четвертый шаг поиска:

номер элемента: 5;

массив $V=\{7\}$;

начальная граница поиска $L=5$, конечная граница поиска $R=5$;

середина части поиска $i=(L+R) \div 2 = 5$;

поскольку $V[5]=7=a=7$, то искомый элемент найден в позиции 5.

Фрагмент программы на языке Паскаль, реализующий двоичный поиск, приведен ниже:

```
l:=1; r:=n;
```

```
f:=false; {не найдено}
```

```
while (l<=r) and not f do
```

```
begin i:=(l+r) div 2;
```

```
  if b[i]=a then f:=true {нашли}
```

```
  else if b[i]<a then l:=i+1 else r:=i-1;
```

```
end.
```

Тестирование.

Тест 1: $a=7$, $n=15$, $b=\{1,3,5,7,9,10,12,14,16,18,21,23,25,27,29\}$.

Ответ: искомый элемент найден в позиции 4.

Тест 2: $a=6$, $n=15$, $b=\{1,3,5,7,9,10,12,14,16,18,21,23,25,27,29\}$.

Ответ: искомый элемент не найден.

10 Двухмерные массивы

Рассмотрим двухмерный массив размерностью $n \times n$ для $n=6$. Здесь количества строк и столбцов совпадают, поэтому такие массивы называются квадратными.

$a_{11} \ a_{12} \ a_{13} \ a_{14} \ a_{15} \ a_{16}$

$a_{21} \ a_{22} \ a_{23} \ a_{24} \ a_{25} \ a_{26}$

$a_{31} \ a_{32} \ a_{33} \ a_{34} \ a_{35} \ a_{36}$

$a_{41} \ a_{42} \ a_{43} \ a_{44} \ a_{45} \ a_{46}$

$a_{51} \ a_{52} \ a_{53} \ a_{54} \ a_{55} \ a_{56}$

$a_{61} \ a_{62} \ a_{63} \ a_{64} \ a_{65} \ a_{66}$

Главной диагональю двухмерного массива называют прямую, мысленно проведенную из левого верхнего угла в правый нижний, элементы которой, в нашем случае, имеют следующий вид: $a_{11}, a_{22}, a_{33}, a_{44}, a_{55}, a_{66}$. Если индекс строк обозначить i , а индекс столбцов – j , то в общем случае факт принадлежности элемента главной диагонали записывается так: $i=j$, или так: $i-j=0$. Для элементов, расположенных ниже главной диагонали, справедливо соотношение индексов $i>j$. Для элементов, расположенных выше главной диагонали, справедливо соотношение индексов $i<j$.

Индексы элементов, расположенных на линиях, параллельных главной диагонали, удовлетворяют соотношениям $|i-j|=k$, где k – номер линии по отношению к главной диагонали. Например, для индексов элементов $a_{31}, a_{42}, a_{53}, a_{64}$, расположенных на 2 линии ниже главной диагонали, справедливо соотношение $i-j=2$, а для индексов элементов $a_{13}, a_{24}, a_{35}, a_{46}$, расположенных на две линии выше главной диагонали, справедливо соотношение $i-j=-2$.

Линию, соединяющую правый верхний угол массива с левым нижним, называют побочной диагональю. Для индексов элементов побочной диагонали: $a_{16}, a_{25}, a_{34}, a_{43}, a_{52}, a_{61}$, справедливо соотношение $i+j=n+1$, где n – количество строк и

столбцов массива (в примере $n=6$). Для индексов элементов, расположенных выше побочной диагонали, справедливо соотношение $i+j < n+1$, а для индексов элементов, расположенных ниже побочной диагонали, справедливо соотношение $i+j > n+1$.

Индексы элементов, расположенных на линиях параллельных побочной диагонали, удовлетворяют соотношению $2 \leq i+j \leq 2n$. Например, для индексов элементов: $a_{14}, a_{23}, a_{32}, a_{41}$, расположенных на 2 линии выше побочной диагонали, справедливо соотношение $i+j=5$, а для индексов элементов $a_{36}, a_{45}, a_{54}, a_{63}$, расположенных на 2 линии ниже побочной диагонали, справедливо соотношение $i+j=9$.

Задача 1. Сформировать двумерный массив $n \times n$ указанного вида для произвольного n . Для $n=4$ формируемый массив имеет вид

```
1 0 0 0
2 1 0 0
3 2 1 0
4 3 2 1.
```

Решение. Каждая строка начинается с элемента, значение которого совпадает с номером строки. Затем оно уменьшается с ростом номера столбца. Все элементы, лежащие выше главной диагонали, равны нулю. Легко догадаться, что в теле циклов перебора повторяется оператор $a[i,j] := i-j+1$. Для перебора строк и столбцов используем вложенные циклы.

```
for i:=1 to n do
  for j:=1 to n do
    if i <= j
      then a[i,j] := i-j+1
      else a[i,j] := 0;.
```

Задача 2. Сформировать двумерный массив $n \times n$ указанного вида для произвольного n . Для $n=4$ формируемый массив имеет вид

```
0 1 0 2
3 0 4 0
0 5 0 6
7 0 8 0.
```

Решение. Ненулевое значение имеют элементы, сумма индексов которых нечетна. Для формирования значения можно использовать дополнительную переменную. Для перебора элементов будем использовать два вложенных цикла. Приведем в качестве примера схему перебора от последних элементов к первым.

```
k:=2*n; {значение последнего элемента}
for i:=n downto 1 do
  for j:=n downto 1 do
    if (i+j) mod 2 = 1
      then begin a[i,j]:=k; k:=k-1; end
      else a[i,j]:=0;.
```

Задача 3. Найти индексы максимального элемента двумерного массива.

Решение. Решение этой задачи совпадает с решением задачи для одномерного массива. Отличие заключается в необходимости для двумерного массива вложенных циклов перебора. Фрагмент программы приведен ниже:

```
imax:=1; jmax:=1; {предполагаем максимальным первый элемент}
for i:=1 to n do
  for j:=1 to n do
    if a[imax,jmax] < a[i,j]
      then begin imax:=i; jmax:=j; end;.
```

Задача 4. Переставить строки и столбцы двумерного массива так, чтобы его максимальный элемент оказался в левом верхнем углу.

Решение.

- 1) поиск индексов максимального элемента (пример 8.1.3);
- 2) обмен местами первой строки и строки $i_{\max}$;
- 3) обмен местами столбца 1 и столбца $j_{\max}$. Шаги 2 и 3 можно поменять местами без изменения результата.

Фрагмент программы приведен ниже:

```
{поиск индексов максимального элемента}
imax:=1; jmax:=1; {предполагаем максимальным первый элемент}
for i:=1 to n do
  for j:=1 to n do
    if a[imax,jmax]<a[i,j]
      then begin imax:=i; jmax:=j; end.
{обмен местами первой и imax строк}
for i:=1 to n do
begin r:=a[1,i]; a[1,i]:=a[imax,i]; a[imax,i]:=r; end;
{обмен местами первого и jmax столбцов}
for i:=1 to n do
begin r:=a[i,1]; a[i,1]:=a[i,jmax]; a[i,jmax]:=r; end;
```

Задача 5. Задан двумерный массив $n \times n$. Поменять местами строку с номером k и столбец с номером p этого массива.

Решение 1. Задача просто решается при $k=p$. Например, при $n=3$, $k=p=2$ и исходном массиве:

```
1 2 3
4 5 6
7 8 9.
```

Для того чтобы получить ответ меняем элементы 2 и 4, 8 и 6. Элемент 5 остается на своем месте. Получаем ответ:

```
1 4 3
2 5 8
7 6 9.
```

Однако при $k \neq p$ возникают трудности с элементом, стоящим на пересечении строки k и столбца p . Если применить тот же алгоритм для $n=3$, $k=2$, $p=3$ к тому же исходному массиву, то меняются местами элементы 4 и 3, 5 и 6, 5 и 9, что приводит к неверному ответу: в строке появился элемент 9, которого не было в исходной строке:

```
1 2 4
3 6 9
7 8 9.
```

Для преодоления этой трудности применим такой прием:

- 1) переставить строку k на место строки p :

```
1 2 3
7 8 9
4 5 6.
```

- 2) поменять местами строку p и столбец p :

```
1 2 4
7 8 5
3 9 6.
```

- 3) переставить строки k и p :

```
1 2 4
3 9 6
7 8 5.
```

Соответствующий фрагмент на языке Паскаль приводится ниже:

```
{обмен местами строк с номерами k и p}
for i:=1 to n do
begin r:=a[k,i]; a[k,i]:=a[p,i]; a[p,i]:=r; end;
{обмен местами строки и столбца с номером p}
for i:=1 to n do
begin r:=a[p,i]; a[p,i]:=a[i,p]; a[i,p]:=r; end;
{обмен местами строк с номерами k и p}
for i:=1 to n do
begin r:=a[k,i]; a[k,i]:=a[p,i]; a[p,i]:=r; end;
```

Решение 2. Недостатком предыдущего решения является большое количество циклов. Решим задачу по-другому, сократив количество используемых циклов. Переставляемых элементов несколько в строке k и столбце p, поэтому переставляемые элементы строки k обозначим переменной i, а столбца p – j. Однако элемент, стоящий на пересечении строки k и столбца p, переставляться не должен. Поэтому переставляемые элементы k-й строки имеют индексы $1 \leq i \leq n$, кроме $i=p$; переставляемые элементы p-го столбца имеют индексы $1 \leq j \leq n$, кроме $j=k$. В соответствии с этим можно организовать цикл перебора, пока есть переставляемые элементы. В теле цикла элементы меняются местами или пропускаются, если они не являются переставляемыми. Фрагмент решения, реализующий описанную идею, приведен ниже.

```
i:=1; j:=1;
while (i<=n) and (j<=n) do
  if (i<>p) and (j<>k)
  then begin r:=a[j,p]; a[j,p]:=a[k,i]; a[k,i]:=r;
        i:=i+1; j:=j+1;
      end
  else begin if i=p then i:=i+1;
            if j=k then j:=j+1;
          end;
```

Задача 6. Найдите максимальную сумму среди сумм тех столбцов целочисленного двумерного массива $n \times n$, диагональный элемент которых положительный.

Решение. Перебираем столбцы (j). Для каждого столбца (j), проверяем, положителен ли его диагональный элемент ($i=j$). Если диагональный элемент положителен, то находим сумму элементов этого столбца и проверяем ее на максимум. При поиске максимальной суммы возникает проблема присваивания начального значения, которое заранее неизвестно, так как заранее неизвестен столбец с положительным элементом на диагонали. Поэтому приходится заводить указатель, указывающий, в первый ли раз вычислено нужное значение.

```
p:=0; {нет начального значения для поиска максимума}
for i:=1 to n do {перебор столбцов}
  if a[i,i]>0
  then begin s:=0;
        for j:=1 to n do s:=s+a[j,i];
        if p=0
        then begin max:=s; p:=1; end {установлено начальное значение для максимума}
        else if max<s then max:=s;
      end;
```

Задача 7. Отсортировать элементы двумерного массива по элементам второй строки.

Исходный массив

Результат

1 2 3 4 5	5 2 4 3 1
9 3 7 3 1	1 3 3 7 9
6 7 8 9 1	1 7 9 8 6.

Решение. От сортировки одномерного массива этот случай отличается только тем, что переставлять нужно не два сравниваемых элемента, а два столбца:

```
for i:=1 to n-1 do
  for j:=i+1 to n do
    if a[2,i]>a[2,j]
      then for k:=1 to n do
        begin r:=a[k,i]; a[k,i]:=a[k,j]; a[k,j]:=r;
      end;
```

Задача 8. Найти произведение матрицы $n \times k$ на матрицу $k \times m$.

Решение. Матрицы представим в виде двумерных массивов. В результате по-

лучается матрица – двумерный массив $n \times m$, где элемент $c_{ij} = \sum_{p=1}^k a_{ip} \cdot b_{pj}$, т.е. каждый

элемент ответа равен сумме произведений элементов i -й строки массива a на соответствующие элементы j -го столбца массива b .

```
for i:=1 to n do
  for j:=1 to m do
    begin c[i,j]:=0;
      for p:=1 to k do c[i,j]:=c[i,j]+a[i,p]*b[p,j];
    end;
```

Таким образом, представлены методики решения по трем из девятнадцати выделенных классов задач:

8 Задачи, решаемые методом перебора.

9 Одномерные массивы.

10 Двухмерные массивы.

В следующей статье мы продолжим знакомство с методикой быстрого обучения программированию на основе изучения классов задач. Будут рассмотрены методики по следующим пяти из девятнадцати выделенных классов задач:

11 Данные типа string.

12 Процедуры и функции.

13 Рекурсия.

14 Тип данных множество.

15 Тип данных запись.

Литература

1. *Аляев Ю.А.* Алгоритмизация и языки программирования Pascal, C++, Visual Basic / Ю.А. Аляев, О.А. Козлов. М.: Финансы и статистика, 2002, 2004, 2007. 320 с.

2. *Аляев Ю.А.* Практикум по алгоритмизации и программированию на языке Паскаль / Ю.А. Аляев, В.П. Гладков, О.А. Козлов. М.: Финансы и статистика, 2004, 2007. 528 с.

3. *Аляев Ю.А.* Методика быстрого обучения программированию на основе изучения классов задач (1–3) // Образовательные ресурсы и технологии. 2015'1(9). С. 3–14. URL: http://www.muiv.ru/vestnik/pdf/pp/ot_2015_1_3-14.pdf.

4. *Аляев Ю.А.* Методика быстрого обучения программированию на основе изучения классов задач (4–5) // Образовательные ресурсы и технологии. 2015'2(10). С. 3–16. URL: http://www.muiv.ru/vestnik/pdf/pp/ot_2015_2_3-16.pdf.

5. *Аляев Ю.А.* Методика быстрого обучения программированию на основе изучения классов задач (6–7) // Образовательные ресурсы и технологии. 2015'3(11). С. 3–20. URL: http://www.muiv.ru/vestnik/pdf/pp/ot_2015_003_020.pdf.

Methods of the quick education to programming on base of the study of the classes of the problems (8-10)

Yuri Alexandrovich Alyaev, assistant professor, assistant professor of the pulpit of software of the computing machinery and automated systems, Perm military institute of internal troops of the MIA

Is offered methods of the quick education to programming on base of the study of the classes of the problems, designed and using in practice in process of the education to programming student high school.

Keywords: algorithm, program, programming language Pascal, array

УДК 519.1(075.8)+510.6(075.8)

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА
И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА
(практические занятия 1–3)**

*Сергей Феофентович Тюрин, профессор, профессор кафедры
автоматики и телемеханики,*

E-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru,

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
<http://pstu.ru>,*

Юрий Александрович Аляев, доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем,

E-mail: alyr1@yandex.ru,

*Пермский военный институт внутренних войск МВД России,
<http://pvivv.ru>*

Предлагается методика решения задач на практических занятиях по дисциплине «Дискретная математика и математическая логика», разработанная и применяющаяся на практике в вузах Пермского края.

Ключевые слова: дискретная математика, математическая логика, множество, алгебра логики

*«...Всё те же мы – в углах дизъюнкций,
В узлах завязанных конъюнкций,
И вновь – инверсии черта!..»
С.Ф. Тюрин*

Предисловие

Издавая в 2006 г. учебник «Дискретная математика и математическая логика» [1], авторы планировали вслед за ним издать и задачник. Переосмыслив имеющийся материал в последующие годы, они пришли к выводу о необходимости подготовки не совсем учебника, но советчика и подсказчика. Кроме того, был накоплен новый, интересный материал. Акцент сделан на практику, поскольку известно, что именно умение решать задачи является мерилем математического знания.



С.Ф. Тюрин

В предлагаемой серии статей нашёл отражение опыт многолетнего преподавания авторами дисциплин «Дискретная математика» и «Математическая логика и теория алгоритмов» в вузах Пермского края.

Информационные технологии ушли далеко вперёд, но задача распознавания компьютером правильного ответа решается до сих пор тривиально – определением выбора одного заданного номера из n ответов. Причём, $n-1$ – неправильных ответов. На самом деле, в дискретной математике, в логике, часто правильными могут быть разные ответы, например, разные дизъюнктивные нормальные формы с одинаковым количеством букв – при минимизации переключательных функций.

Кроме того, приведение неправильных ответов, по мнению авторов, приводит к «рекламному» эффекту, – запоминаются именно они, причём, самые несуразные.

Поэтому принято решение не разрабатывать так называемые тесты, а большую часть сил бросить на разъяснение методики решения типовых задач, выносимых на практические занятия по указанной тематике.

Авторы посвящают серию статей своим учителям: Л.Ф. Викентьеву, Т.И. Когану, В.А. Несмелову, а также памяти Пермского военного института ракетных войск (1931–2003 гг.).



Ю.А. Аляев

Часть 1
ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1
Выполнение операций над множествами

Цель занятия: научиться выполнять операции над множествами, заданными перечислением элементов, формулами, диаграммами Эйлера, а также десятичным номером.

Методика решения задач

Задача 1. Даны множества $A=\{2,3,4,5\}$ и $B=\{4,5,7\}$ на универсуме десятичных цифр. Выполнить операцию объединения над множествами $A \cup B$.

Строим множество, выбирая элементы из множества A , а затем, добавляем недостающие элементы из B , получаем:

$$A \cup B = \{2,3,4,5,7\}.$$

Очевидно, что в соответствии с определением множества, каждый элемент входит в него только один раз, то есть элементы 4,5 учтены по одному разу.

Задача 2. Выполнить операции над множествами, заданными формулой: $\overline{M \oplus I}$.

В таких задачах множества: M – произвольное, I – универсальное (универсум), $\emptyset$ – пустое.

Вначале выражаем симметрическую разность через объединение двух разностей:

$$M \oplus I = (M \setminus I) \cup (I \setminus M).$$

Анализируем первую круглую скобку: если из произвольного множества M вычесть универсум I , то, очевидно, ничего не останется, то есть, точнее, останется пустое множество $\emptyset$.

Если из универсума I вычесть произвольное множество M , то будет получено дополнение $\overline{M}$.

Выполняя дополнение дополнения, получим $\overline{\overline{M}} = M$.

Таким образом, $\overline{M \oplus I} = \overline{(M \setminus I) \cup (I \setminus M)} = \overline{\emptyset \cup \overline{\overline{M}}} = \overline{\overline{M}} = M$.

Задача 3. Выполнить операции над множествами, заданными формулой $(A \oplus B) \cup C$, с использованием диаграмм Эйлера. Заштриховать соответствующую формуле область на диаграмме Эйлера для трех взаимно пересекающихся множеств A , B , C и записать ответ в стандартном виде, т.е. в виде объединения пересечений с использо-

ванием, где необходимо, операции дополнения (в виде конститuent единицы – I, либо нуля – $\emptyset$).

Изобразим диаграмму Эйлера для трёх взаимно пересекающихся множеств – рисунок 1. Выделим штриховкой симметрическую разность множеств $A \oplus B$, а затем объединим её с множеством C.

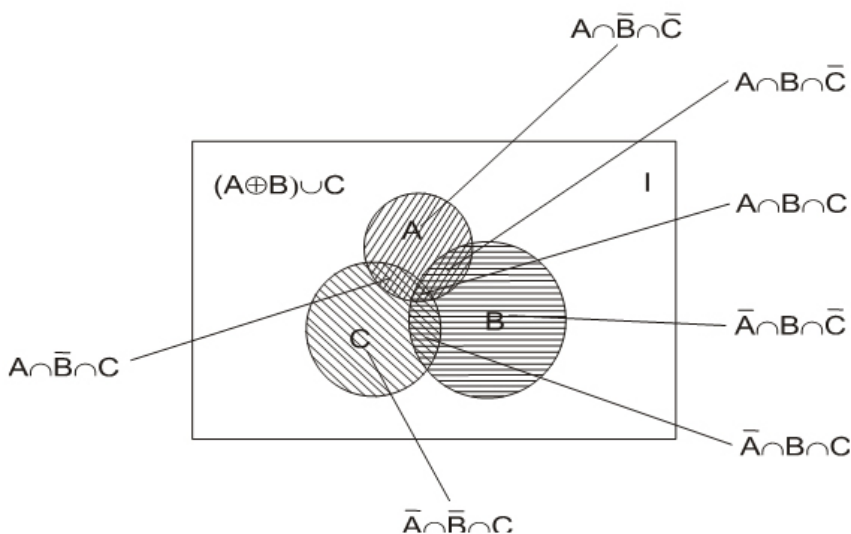


Рисунок 1 – Диаграмма Эйлера для множества, заданного выражением $(A \oplus B) \cup C$

Записываем в виде объединения конститuent I:

$$(A \oplus B) \cup C = (A \cap \bar{B} \cap C) \cup (\bar{A} \cap \bar{B} \cap C) \cup (\bar{A} \cap B \cap C) \cup (\bar{A} \cap B \cap \bar{C}) \cup (A \cap B \cap C) \cup (A \cap \bar{B} \cap \bar{C}).$$

Легко видеть, что в виде пересечения конститuent $\emptyset$ множество будет выглядеть следующим образом:

$$(A \oplus B) \cup C = (A \cup B \cup C) \cap (\bar{A} \cup \bar{B} \cup C).$$

З а д а ч а 4. По заданному десятичному числу 131 заштриховать на диаграмме Эйлера для трех взаимно пересекающихся множеств A, B, C соответствующую область и записать её в виде объединения конститuent единицы и нуля.

Выполнить дополнение множества № 131, а также операции объединения, пересечения, разности и симметрической разности множества № 131 с множеством № 100.

Пусть задано множество № 131 на универсуме из трёх взаимно пересекающихся множеств A, B, C. Получим двоичный код десятичного числа: $131_{10} = (1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0) = 10000011_2$.

Получим таблицу конститuent I (таблица 1).

Таблица 1

Таблица конститuent I множества № 131

Множества			Конститuenta I	Двоичный код	
A	B	C			
0	0	0	$\bar{A} \cap \bar{B} \cap \bar{C}$	1	2^0
0	0	1	$\bar{A} \cap \bar{B} \cap C$	1	2^1
0	1	0	нет	0	2^2
0	1	1	нет	0	2^3
1	0	0	нет	0	2^4
1	0	1	нет	0	2^5
1	1	0	нет	0	2^6
1	1	1	$A \cap B \cap C$	1	2^7

В соответствие с данными таблицы 1 искомое множество представляется выражением: $M_{\text{№131}} = (\overset{1}{A} \cap \overset{1}{B} \cap \overset{1}{C}) \cup (\overset{0}{A} \cap \overset{0}{B} \cap \overset{1}{C}) \cup (\overset{0}{A} \cap \overset{0}{B} \cap \overset{0}{C})$.

Здесь над буквенными символами множеств в пересечениях указано входит ли оно в соответствующий заштрихованный сектор диаграммы Эйлера (1), либо не входит (0), таким образом, чтобы в каждой скобке получить единицу (дополнение нуля – единица).

Изобразим диаграмму Эйлера (рисунок 2).

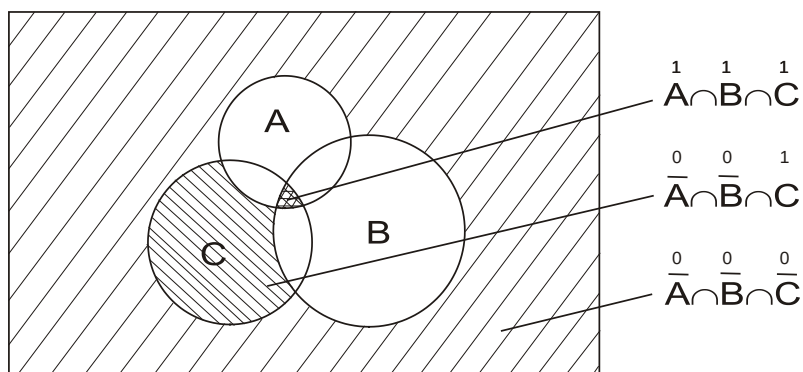


Рисунок 2 – Диаграмма Эйлера для множества

$$M_{\text{№131}} = (\overset{1}{A} \cap \overset{1}{B} \cap \overset{1}{C}) \cup (\overset{0}{A} \cap \overset{0}{B} \cap \overset{1}{C}) \cup (\overset{0}{A} \cap \overset{0}{B} \cap \overset{0}{C})$$

Нетрудно видеть, что множество № 131 в виде конstituент $\emptyset$ в соответствие с данными таблицы 2.

Таблица 2

Таблица конstituент $\emptyset$ множества № 131

Множества			Конституента $\emptyset$	Двоичный код	
A	B	C			
0	0	0	нет	1	2^0
0	0	1	нет	1	2^1
0	1	0	$A \cup \bar{B} \cup C$	0	2^2
0	1	1	$A \cup \bar{B} \cup \bar{C}$	0	2^3
1	0	0	$\bar{A} \cup B \cup C$	0	2^4
1	0	1	$\bar{A} \cup B \cup \bar{C}$	0	2^5
1	1	0	$\bar{A} \cup \bar{B} \cup C$	0	2^6
1	1	1	нет	1	2^7

представляется выражением:

$$M_{\text{№131}} = (\overset{0}{A} \cup \overset{1}{B} \cup \overset{0}{C}) \cap (\overset{0}{A} \cup \overset{1}{B} \cup \overset{1}{C}) \cap (\overset{1}{A} \cup \overset{0}{B} \cup \overset{0}{C}) \cap (\overset{1}{A} \cup \overset{0}{B} \cup \overset{1}{C}) \cap (\overset{1}{A} \cup \overset{1}{B} \cup \overset{0}{C}).$$

Здесь, наоборот, в объединениях над символами множеств, соответствующих не заштрихованным секторам диаграммы Эйлера, ставятся нули, а над символами дополнений множеств – единицы, таким образом, чтобы в каждой скобке получить нуль (дополнение единицы – нуль).

Выполним операции над множеством, заданным десятичным числом № 131.

Получим дополнение этого множества путём замены нулей на единицы и единиц на нули (таблица 3). Номер определенного таким образом множества – 124. Нетрудно видеть, что он получается путём вычитания номера 131 из 255, где 255 – это универсум для трёх взаимно пересекающихся множеств, то есть вектор из 8 единиц (единичный байт).

Таблица 3

Дополнение множества № 131

1	0	0	0	0	0	1	1	№ 131
0	1	1	1	1	1	0	0	№ 124

Получим объединение множества № 131 с множеством № 100: в таблице 4 единица в результате указывается в том случае, если в соответствующем столбце имеется единица хотя бы в одном множестве. Номер полученного множества 231. Нетрудно видеть, что в данном случае номер результата получается путём суммирования номеров исходных множеств.

Таблица 4

Объединение множества № 131 и множества № 100

1	0	0	0	0	0	1	1	№ 131
0	1	1	0	0	1	0	0	№ 100
1	1	1	0	0	1	1	1	№ 231=(№ 131)∪(№ 100)

Получим пересечение множества № 131 с множеством № 100: в таблице 5 единица в результате получается в том случае, если имеются совпадения единиц в исходных множествах. В нашем случае таких совпадений нет, поэтому в результате получается пустое множество № 0.

Таблица 5

Пересечение множества № 131 и множества № 100

1	0	0	0	0	0	1	1	№ 131
0	1	1	0	0	1	0	0	№ 100
0	0	0	0	0	0	0	0	№ 0=(№ 131)∩(№ 100)=∅

Получим разность множества № 131 с множеством № 100: в таблице 6 единица в результате получается в том случае, если у уменьшаемого множества в столбце находится единица, а у вычитаемого множества в соответствующем столбце – нуль. Таким образом, в результате получим множество № 131.

Таблица 6

Разность множества № 131 и множества № 100

1	0	0	0	0	0	1	1	№ 131
0	1	1	0	0	1	0	0	№ 100
1	0	0	0	0	0	1	1	№ 131=(№ 131)∖(№ 100)

Получим симметрическую разность множества № 131 с множеством № 100: в таблице 7 единицы в результате указываются в случае комбинаций 01 или 10 в соответствующих столбцах множеств. Номер определенного таким образом множества – 231.

Таблица 7

Симметрическая разность множества № 131 и множества № 100

1	0	0	0	0	0	1	1	№ 131
0	1	1	0	0	1	0	0	№ 100
1	1	1	0	0	1	1	1	№ 231=(№ 131)⊕(№ 100)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2**Решение теоретико-множественных задач
с использованием законов алгебры Кантора**

Цель занятия: научиться выполнять операции над множествами, заданными формулами, используя законы алгебры Кантора.

Методика решения задач

Задача 1. Доказать равенство множеств алгебраически:

$$A \setminus (A \setminus B) = A \cap B.$$

Преобразуем левую часть формулы, выразив разность через алгебраические операции пересечения и дополнения:

$$A \setminus (A \setminus B) = A \cap \overline{A \setminus B}.$$

Выполняем закон де Моргана:

$$A \cap \overline{A \setminus B} = A \cap (\overline{A} \cup B).$$

Применяем закон Порецкого:

$$A \cap (\overline{A} \cup B) = A \cap B.$$

Задача 2. Решить уравнение с одним известным множеством:

$$((\overline{E} \setminus \overline{X}) \cap (\overline{X} \cup (\overline{E} \cap X))) \cup (E \cap \overline{X}) = \emptyset.$$

В задачах такого типа необходимо привести выражение к симметрической разности неизвестного X и известного E множеств. Для этого применяем законы алгебры Кантора.

Вначале выражаем разность через пересечение и дополнение:

$$((\overline{E} \setminus \overline{X}) \cap (\overline{X} \cup (\overline{E} \cap X))) \cup (E \cap \overline{X}) = (\overline{E} \cap X) \cap (\overline{X} \cup (\overline{E} \cap X)) \cup (E \cap \overline{X}) = \emptyset.$$

Применив закон поглощения, получаем:

$$(\overline{E} \cap X) \cup (E \cap \overline{X}) = \emptyset.$$

Или раскрываем скобки, применяя закон дистрибутивности:

$$(\overline{E} \cap X) \cap (\overline{X} \cup (\overline{E} \cap X)) \cup (E \cap \overline{X}) = (\overline{E} \cap X \cap \overline{X}) \cup (\overline{E} \cap X \cap \overline{E} \cap X) \cup (E \cap \overline{X}).$$

Очевидно, что первая скобка приводит к получению пустого множества, поэтому получим:

$$(\overline{E} \cap X \cap \overline{E} \cap X) \cup (E \cap \overline{X}).$$

Упрощая по закону повторения, получаем $(\overline{E} \cap X) \cup (E \cap \overline{X})$. Видим, что имеется симметрическая разность: $(\overline{E} \cap X) \cup (E \cap \overline{X}) = E \oplus X$.

Отсюда $E=X$.

Задача 3. Решить уравнение с двумя известными множествами:

$$X \cup C = \overline{D}.$$

При решении уравнений в алгебре множеств исходят из того, что:

1) два множества равны тогда и только тогда, когда их симметрическая разность пуста;

2) определяются условия, при которых уравнения имеют решение.

Преобразуем уравнение к виду $(X \cup C) \oplus \overline{D} = \emptyset$.

Любое уравнение, в правой части которого указано пустое множество, может быть преобразовано в уравнение с декомпозицией по неизвестному множеству X :

$$(F_1 \cap X) \cup (F_2 \cap \overline{X}) = \emptyset, \text{ где } F_1, F_2 - \text{формулы, не содержащие } X.$$

Очевидно, что объединение пусто тогда и только тогда, когда объединяемые множества пусты: $(F_1 \cap X) = \emptyset$ и $(F_2 \cap \overline{X}) = \emptyset$.

Полученные два уравнения и исходное уравнение имеют решение тогда и только тогда, когда $F_2 \subseteq X \subseteq \overline{F_1}$.

Поэтому необходимо определить F_1, F_2 , что и является результатом решения уравнения.

Итак, $(X \cup C) \oplus \overline{D} = \emptyset$. Декомпозицию по X выполним, используя формулу симметрической разности двух множеств, использующей только операции объединения, пересечения и дополнения:

$[(X \cup C) \cap D] \cup [(\overline{X \cup C}) \cap \overline{D}] = \emptyset$, где $[(X \cup C) \cap D]$ – разность $(X \cup C) \setminus \overline{D}$, $[(\overline{X \cup C}) \cap \overline{D}]$ – разность $\overline{D} \setminus (X \cup C)$.

Выполняем алгебраические операции:

$$[(X \cap D) \cup (C \cap D)] \cup [\overline{X} \cap \overline{C} \cap \overline{D}] = \emptyset.$$

В этой формуле не хватает пересечения известных множеств $C \cap D$ с неизвестным множеством X или его дополнением $\overline{X}$. Этого можно добиться, используя пересечение с универсальным множеством, представленным в виде $(X \cup \overline{X})$:

$$[(X \cap D) \cup (C \cap D) \cap (X \cup \overline{X})] \cup [\overline{X} \cap \overline{C} \cap \overline{D}] = \emptyset.$$

Далее раскрываем скобки и применяем законы алгебры множеств:

$$(X \cap D) \cup (C \cap D \cap X) \cup (C \cap D \cap \overline{X}) \cup (\overline{X} \cap \overline{C} \cap \overline{D}) = \emptyset.$$

Здесь налицо поглощение: $(X \cap D) \cup (C \cap D \cap X) = (X \cap D)$, поэтому:

$$(X \cap D) \cup (C \cap D \cap \overline{X}) \cup (\overline{X} \cap \overline{C} \cap \overline{D}) = \emptyset.$$

Выносим $\overline{X}$ за скобку: $(X \cap D) \cup \{\overline{X} \cap [(C \cap D) \cup (\overline{C} \cap \overline{D})]\} = \emptyset$.

Обращаем внимание, что $[(C \cap D) \cup (\overline{C} \cap \overline{D})] = \overline{C \oplus D}$, поэтому:

$$(X \cap D) \cup \{\overline{X} \cap [\overline{C \oplus D}]\} = \emptyset.$$

Таким образом: $(X \cap D) = \emptyset$, $\overline{X} \cap (\overline{C \oplus D}) = \emptyset$, то есть $(\overline{C \oplus D}) \subseteq X \subseteq \overline{D}$.

Для конкретных C, D имеется множество решений, удовлетворяющих такому выражению.

Задача 4. Получить алгебраически конститuenty по формуле $(A \oplus B) \cup C$.

Заменим симметрическую разность алгебраическими операциями $(A \oplus B) \cup C = ((A \cap \overline{B}) \cup (\overline{A} \cap B)) \cup C$.

Для получения конститuent проведем своего рода «расклеивание» пересечений по недостающим множествам, например, по C : $C \cup \overline{C} = I$.

Очевидно, что пересечение с универсумом не изменяет выражения:

$$(A \cap \overline{B}) \cap (C \cup \overline{C}) \cup (\overline{A} \cap B) \cap (C \cup \overline{C}) \cup (A \cup \overline{A}) \cap (B \cup \overline{B}) \cap C.$$

Раскрываем скобки, стараясь соблюдать порядок следования букв A, B, C в пересечениях:

$$(A \cap \overline{B} \cap C) \cup (A \cap \overline{B} \cap \overline{C}) \cup (\overline{A} \cap B \cap C) \cup (\overline{A} \cap B \cap \overline{C}) \cup (A \cap B \cap C) \cup (A \cap \overline{B} \cap C) \cup (\overline{A} \cap B \cap C) \cup (\overline{A} \cap \overline{B} \cap C).$$

Исключаем некоторые конститuenty по закону повторения:

$$(A \cap \overline{B} \cap C) \cup (A \cap \overline{B} \cap \overline{C}) \cup (\overline{A} \cap B \cap C) \cup (\overline{A} \cap B \cap \overline{C}) \cup (A \cap B \cap C) \cup (\overline{A} \cap \overline{B} \cap C).$$

Получили те же конститuenty, что и на диаграмме Эйлера (рисунок 1).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Решение комбинаторных задач

Цель занятия: научиться решать типовые комбинаторные задачи и уравнения.

Методика решения задач

З а д а ч а 1. Определить количество вариантов выращивания трёх сортов зерновых культур на трёх различных полях. Предполагается, что на одном поле реализуется один вариант выращивания.

Каждый вариант выращивания зерновых в этом случае есть выборка (3,3), вектор длины три по числу полей, составленный из трехэлементного множества сортов $T=\{t_1, t_2, t_3\}$. Поэтому число вариантов выращивания – число размещений с повторениями из трех по три:

$$\hat{A}_3^3 = 3^3 = 27.$$

З а д а ч а 2. Сколько различных подарочных наборов из двух предметов к женскому дню 8 марта можно составить из трех типов товаров: парфюм, букет цветов, конфеты?

На первый взгляд речь идёт о размещении с повторением (по условиям задачи не запрещено повторять товар, например, два парфюма, два букета цветов или две коробки конфет). Тогда получим $\hat{A}_3^2 = 3^2 = 9$. Перечислим все варианты:

Набор подарочный

парфюм	парфюм
парфюм	букет
парфюм	конфеты
букет	парфюм
букет	букет
букет	конфеты
конфеты	парфюм
конфеты	букет
конфеты	конфеты

Ясно, что от перестановки товаров набор не меняется, то есть вместо девяти вариантов будет шесть: (два парфюма), (парфюм, букет), (два букета), (букет, конфеты), (парфюм, конфеты), (две коробки конфет).

Получим вектора – составы подарочных наборов в формализованном виде:

(2,0,0) – два парфюма;
 (1,1,0) – парфюм, букет;
 (0,2,0) – два букета;
 (0,1,1) – букет, конфеты;
 (1,0,1) – парфюм, конфеты;
 (0,0,2) – две коробки конфет.

Видим, что вектора имеют следующую особенность: сумма их компонент равна 2.

Представим эти вектора в следующем виде: количество нулей в правой части таблицы будет определять количество товаров, а единицы будут разделителями:

Состав подарка				
(2,0,0) – парфюм, парфюм, 1, 1	0	0	1	1
(1,1,0) – парфюм, 1, букет, 1	0	1	0	1
(0,2,0) – 1, букет, букет, 1	1	0	0	1
(0,1,1) – 1, букет, 1, конфеты	1	0	1	0
(1,0,1) – парфюм, 1, 1, конфеты	0	1	1	0
(0,0,2) – 1, 1, конфеты, конфеты	1	1	0	0

Из таблицы следует, что речь идёт о перестановках с повторениями элементов вектора из двух нулей и двух единиц:

$$P_{(2,2)} = \frac{4!}{2!2!} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}{4} = 6.$$

Это не что иное, как сочетания с повторениями из трех элементов (количество типов товаров равно трем) по два (количество предметов равно двум):

$$\hat{C}_3^2 = C_{3+2-1}^2 = C_4^2 = \frac{4!}{2!(4-2)!} = \frac{4!}{2!2!} = 6.$$

З а д а ч а 3. Решить комбинаторное уравнение $C_{x+1}^{x-1} = 21$.

Очевидно, что $x \in \mathbb{N}$, где $\mathbb{N}$ – множество натуральных чисел:

$$C_{x+1}^{x-1} = 21 = \frac{(x+1)!}{(x-1)!(x+1-x+1)!} = \frac{(x+1)!}{(x-1)!2!} = \frac{(x-1)!x(x+1)}{(x-1)!2!}.$$

Отсюда, сокращая знаменатель:

$$\frac{x(x+1)}{2} = 21,$$

поэтому $x(x+1)=42$, причём x можно легко определить путём подбора. Нетрудно видеть, что $x=6$.

З а д а ч а 4. Определить число трёхэлементных подмножеств в четырёхэлементном множестве.

В случае выделения подмножеств из множества возникают неупорядоченные выборы без повторения элементов, т.е. сочетания без повторений. Таким образом, по соответствующей формуле:

$$C_4^3 = \frac{4!}{3!(4-3)!} = \frac{4!}{3!1!} = 4.$$

З а д а ч а 5. Рассмотрим флаг России. Имеется три полосы белого, синего и красного цветов. Необходимо определить, сколько трёхцветных флагов (из трёх продольных полос) можно сшить из материала трёх цветов.

Ясно, что повторения цветов не допускается, иначе мы не получим трёхцветного флага. Кроме того, выборка упорядоченная, поскольку имеет значение порядок следования цветов на флаге. Поэтому имеем размещение без повторений из трёх цветов по трём полосам:

$$A_3^3 = 3(3-1)(3-2) = \frac{3!}{(3-3)!} = 3! = 6 = P_3.$$

Таким образом, это ещё и перестановки (P_3) на множестве трёх цветов.

З а д а ч а 6. Сколько существует вариантов расселения шести студентов в общежитии в трёх двухместных комнатах?

В этом случае имеем перестановки с повторениями, поскольку вариант расселения – вектор из трёх элементов, а каждый элемент равен двум – количеству мест (комнаты двухместные):

$$P_{(2,2,2)} = \frac{6!}{2!2!2!} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6}{1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2} = 90.$$

Таким образом, в статье представлены методики решения задач по темам:

1 Выполнение операций над множествами.

2 Решение теоретико-множественных задач с использованием законов алгебры Кантора.

3 Решение комбинаторных задач.

В следующей статье мы продолжим знакомство с методиками решения практических задач по «Дискретной математике и математической логике». Будут рассмотрены методики по следующим четырем темам:

1 Решение задач на графах.

2 Задание переключательных функций.

3 Определение свойств бинарных переключательных функций.

4 Решение задач на применение законов алгебры переключательных функций и формул равносильных преобразований.

Литература

1. Аляев Ю.А., Тюрин С.Ф. Дискретная математика и математическая логика. М.: Финансы и статистика, 2006. 368 с.

Practical discrete mathematics and mathematics of logic (practical occupations 1-3)

Sergey Feofentovich Tyurin, professor, professor of the pulpit of the automation and tele mechanical engineers

Telephone: 7-952-320-25-10, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru

Perm national research polytechnic university

<http://pstu.ru>

Yuri Alexandrovich Alyaev, assistant professor, assistant professor of the pulpit of software of the computing machinery and automated systems

Telephone: 7-919-703-30-73, e-mail: alyr1@yandex.ru

Perm military institute of internal troops of the MIA of Russia

<http://pvivv.ru>

The technique of solving problems on a practical training on discipline «Discrete mathematics and mathematical logic» developed and applied in practice in the universities of the Perm region.

Keywords: the discrete mathematics, mathematics of logic, ensemble, algebra of the logic

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОЗОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ДЛЯ ПРОТОННОЙ ТЕРАПИИ

Владимир Олегович Карпунин, ведущий инженер-физик,

E-mail: karpunin@itep.ru,

*НИЦ «Курчатовский институт» ФГБУ ГНЦ РФ – Институт теоретической
и экспериментальной физики,*

<http://www.itep.ru>

В статье рассматривается экспериментальная верификация учёта процесса рассеяния протонного пучка при моделировании в отечественной системе моделирования методом Монте-Карло IThMC. Показано, что в IThMC достаточно корректно выбрана и реализована модель многократного рассеяния, что позволяет использовать эту систему для верификации расчётов в системах планирования облучения.

Ключевые слова: протонная лучевая терапия, система планирования облучения, верификация, моделирование, метод Монте-Карло, дозовое распределение

Введение

На протяжении всей истории развития лучевой терапии (ЛТ) существовали две клинически важные проблемы, вытекающие одна из другой [1]. Первая проблема – уменьшение лучевой нагрузки на здоровые ткани для снижения уровня постлучевых осложнений. Второй, и не менее важной задачей является максимально возможное увеличение дозы, доставляемой к облучаемому новообразованию, что заметно повышает вероятность локального контроля опухоли. Решение первой проблемы обеспечивает выполнение второй задачи, поскольку именно лучевая нагрузка на здоровые ткани ограничивает, как правило, дозу, подводимую к мишени. Наибольшие возможности для решения этих клинических проблем предоставляет лучевая терапия пучками ускоренных тяжёлых заряженных частиц (протонов и более тяжёлых ионов).



В.О. Карпунин

Протонная ЛТ обладает ещё одним важным достоинством [2]. Особенности прохождения пучка протонов через вещество позволяет на границах дозового распределения высочайшие, недостижимые для других применяемых в ЛТ типов излучения (гамма-излучение, пучки ускоренных электронов) градиенты дозы. Это, в свою очередь, открывает возможность облучать опухоли, прилегающие вплотную к критическим, боящимся облучения органам и структурам. В то же время, применяемые расчётные методы не позволяют обеспечить необходимую точность описания дозовых распределений. Особенно неприятны эти неточности, искажения на краю дозового поля, поскольку исключают возможность уверенно и безопасно облучать целый класс подобных опухолей. Особенно сильно на такого рода искажения влияет плохой учёт существующими расчётными методами процесса кулоновского рассеяния ускоренных частиц при прохождении через вещество. Всё это заставляет искать новые подходы и методы расчёта дозовых распределений.

Технологические этапы лучевой терапии

Реализация технологии лучевой терапии, а особенно, протонной – это сложный процесс, требующий вовлечения больших аппаратных, программных и информационных ресурсов на каждом из этапов лучевого лечения пациентов [3]:

- полная диагностика заболевания, сбор данных о топологии новообразования, а также окружающих его тканях и органах (топометрия);
- изготовление средств иммобилизации;

- дозно-анатомическое планирование облучения;
- симуляция облучения и облучение;
- постлучевой контроль заболевания и наблюдение за пациентом.

Среди этапов лучевого лечения необходимо особо выделить дозно-анатомическое планирование облучения, которое состоит из собственно «планирования облучения» (компьютерного моделирования облучения), а также из подготовки данных для проведения этого планирования, анализа и визуализации его результатов. Для проведения компьютерного моделирования облучения важен выбор адекватного алгоритма расчёта 3D дозовых распределений. В настоящее время в системах планирования облучения (СПО) используются различные аналитические алгоритмы расчёта дозовых распределений, каждый из которых (метод эквивалентной радиологической длины, метод карандашного пучка и др.) обладает своими преимуществами и недостатками для реализации конкретной задачи, однако, точность этих методов не всегда, как отмечалось, позволяет в полной мере реализовывать достоинства самого метода лечения. Поэтому, в условиях сложной геометрии облучения для повышения точности расчётов, а также для верификации расчётов, произведённых СПО, всё чаще используется метод Монте-Карло.

Метод Монте-Карло

Из всех существующих методов расчёта дозовых распределений, метод Монте-Карло наиболее адекватно описывает реальный процесс переноса излучения через вещество, так как строится на статистическом розыгрыше элементарных актов взаимодействия каждой из громадного количества (10^7 и более) ускоренных частиц с веществом. Однако у метода есть один существенный недостаток – очень медленная «сходимость» для достижения приемлемой статистической точности результата моделирования. Для того чтобы получить, приемлемые погрешности при расчёте дозы необходимо затратить несколько часов машинного времени на компьютерах современного уровня, что совершенно недопустимо в рутинных расчётах, применяемых в отделениях лучевой терапии. Поэтому на практике этот метод применяется не всегда, а либо для тестирования (верификации) систем планирования, либо для уточнения лучевого плана в сложных и ответственных случаях.

В отделе «Медицинской физики» ИТЭФ совместно с ВНИИТФ (г. Снежинск) была разработана система IThMC (Ion Therapy Monte-Carlo) для МК-моделирования дозовых распределений при ионном (в частности, протонном) облучении. Основные направления её использования: создание и верификация плана облучения, а также верификация собственно алгоритмов численного моделирования, реализованных в СПО. Задание геометрии расчёта в IThMC основано на теоретико-множественном подходе (комбинаторное представление), на основании таких примитивов, как поверхности и логических операций. Для возможности описания геометрически сложных объектов, описание которых затруднено в теоретико-множественном подходе, используется воксельное представление, в котором каждый воксель несёт информацию не только о геометрических параметрах, но и имеет ссылку на материал, которым он заполнен.

Учёт процесса рассеяния протонного пучка при моделировании дозовых распределений, является важным элементом корректной оценки поглощённой дозы в тканях пациента. В IThMC используется модель многократного кулоновского рассеяния в приближении Фокера-Планка, с коррекцией длины пробега по модели Ферми-Эйгера. Многократное рассеяние хорошо оценивается при анализе формы поперечного дозового распределения на различных глубинах эталонного для протонного излучения материала – воды или оргстекла.

Верификация метода

Целью данной работы являлась экспериментальная верификация учёта рассеяния

протонного пучка при численном моделировании дозовых распределений в системе IThMC. В качестве фантома, в котором верифицировался учёт рассеяния, использовался объект из оргстекла.

В процедурную кабину выводился пучок с энергией 130 МэВ. На расстоянии 197,8 см от выхода из протонопровода в атмосферу располагался стальной коллиматор с апертурой диаметром 3 мм, вплотную к которому был приставлен фантом из оргстекла. Поперечные дозовые распределения протонного пучка измерялись с помощью кусочков радиохромной плёнки (РП) Gafchromic EBT II, расположенных в фантоме на фиксированном расстоянии друг от друга. Для получения дозовых распределений с радиохромных плёнок использовалась разработанная ранее методика денситометрической обработки с использованием профессионального планшетного сканера.

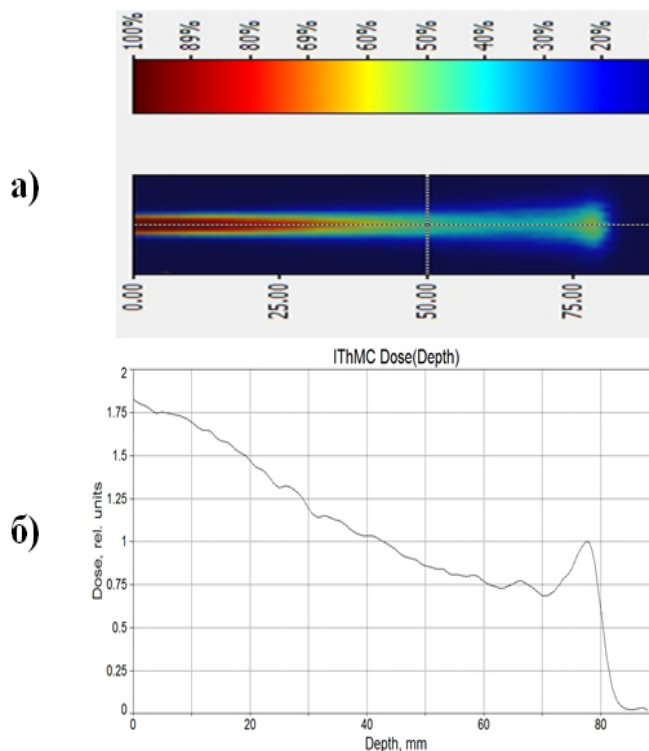


Рисунок 1— Двумерное дозовое распределение (а) и глубинная кривая (б) в оргстекле после моделирования в IThMC (коллиматор 3 мм)

Выбор коллиматора малого диаметра и большой длины позволяет пренебречь исходной угловой расходимостью протонного пучка: протоны, изначально летящие непараллельно оси пучка, в основном поглощаются стенками коллиматора. В результате эксперимента в итоге был получен набор профилей дозовых распределений пучка для различной глубины его проникновения в оргстекло. В той же геометрии эксперимент был промоделирован в системе IThMC, результатом чего явилось расчётное трёхмерное распределение поглощённой дозы в оргстекле. Для верификации учёта эффекта рассеяния при численном моделировании в IThMC был получен набор двумерных дозовых распределений: глубинная кривая и профили пучка на тех же глубинах в оргстекле, что и в эксперименте с использованием РП. На рисунке 1а представлено двумерное дозовое распределение, полученное при моделировании в IThMC, и глубинное распределение (рисунок 1б) вдоль оси пучка. Кривая на рисунке 1б наглядно демонстрирует широко известный феномен вырождения кривой Брэгга узкого пучка протонов. За счёт рассеяния в веществе плотность частиц в поперечном сечении с глубиной падает. Этот эффект «конкурирует» с повышением линейных потерь энергии частиц по мере уменьшения их энергии, которое, собственно, и определяет возрастание дозы к концу пробега и характеризует вид кривой Брэгга для широкого пучка (рисунок 2, кривая А): чем уже

пучок, тем больше относительное (к изначальному поперечному сечению) уширение пучка, тем больше падает плотность частиц. Этот эффект начинает преобладать над повышением дозы от каждой частицы: их просто становится на единицу площади поперечного сечения в конце пробега (где мы ожидаем появление пика Брэгга) в несколько раз меньше, чем на входе в объект. Кривая Брэгга вырождается (рисунок 2, кривая Б).

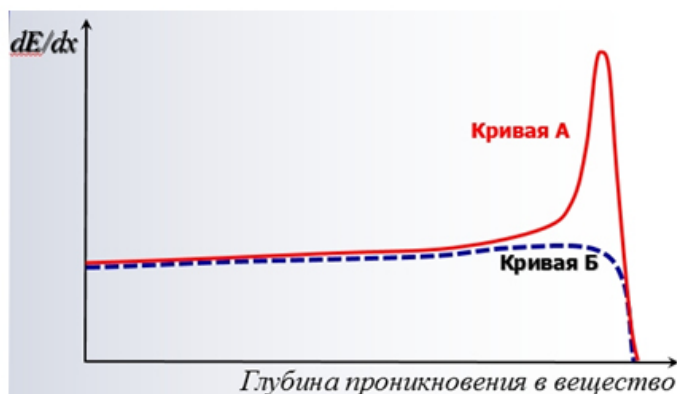


Рисунок 2 – Нормальная (А) и вырожденная (Б) кривые Брэгга

Для анализа корректности учёта рассеяния в IThMC на рисунке 3 приведены профили пучка, рассчитанные в программе IThMC и полученные в эксперименте на входе пучка в фантом из оргстекла (рисунок 3а, глубина 0 мм) и в пике Брэгга (рисунок 3б, глубина 77 мм). Из графика на рисунке 3а видно, что в IThMC несущественно (0,5 %) происходит недоучёт рассеяния протонов в стенках коллиматора. Ближе к пику Брэгга это ни-

велируется за счёт рассеяния пучка в оргстекле. И непосредственно в самом пике (рисунок 3б) распределения как в IThMC, так и в эксперименте становятся шире в 2,2 раза (6,6 мм на уровне 50 % изодозы). По форме оба профиля становятся близки с уровнем достоверности $r^2=0,99$ к Гауссовому распределению. Единственное отличие идёт ниже уровня 15 % изодозы, что показывает небольшую переоценку рассеяния в IThMC.

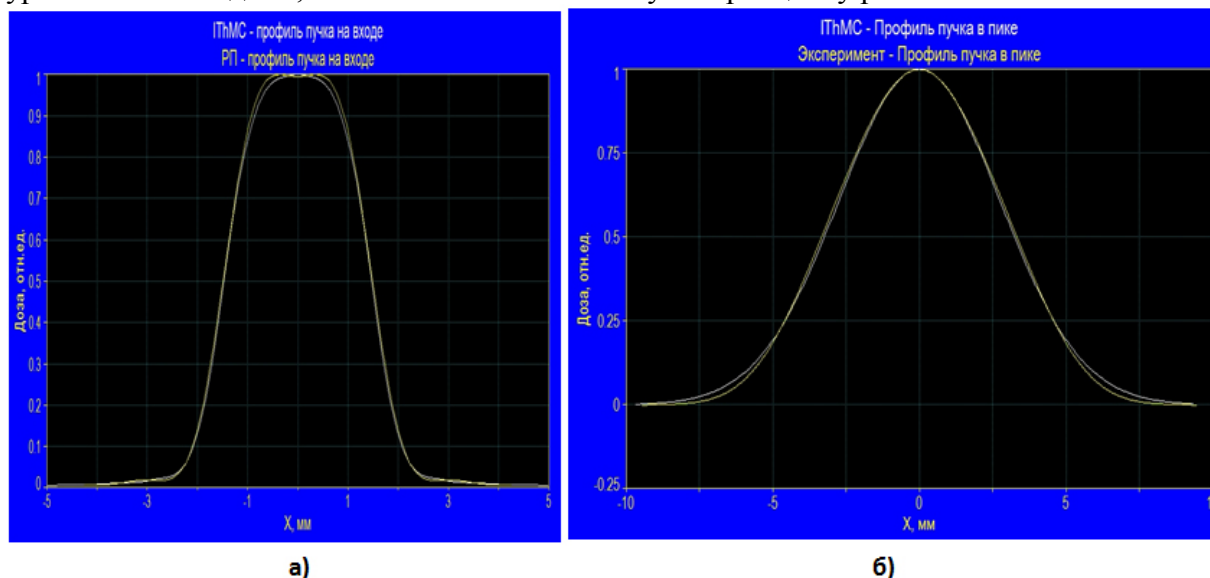


Рисунок 3 – Иллюстрация совпадения профилей протонного пучка, полученных в IThMC и в эксперименте на входе в фантом (а) и в пике Брэгга (б)

Выводы

Анализ расчёта трёхмерного дозового распределения в IThMC и учёта рассеяния в эталонном для лучевой терапии фантомном материале (оргстекло) показывает, что эту систему МК-моделирования на данном этапе уже можно использовать для верификации дозовых расчётов в системах планирования протонного облучения. В IThMC достаточно корректно выбрана и реализована модель многократного рассеяния. Это актуально в ПЛТ, т.к. стоимость проведения экспериментов непосредственно на лучевой установке очень высока. А в клинических ЦПЛТ с трёхсменным лечением пациентов и пропускной способностью 1000–1500 человек/год вообще не находится свободное время для физических исследований (за исключением рутинных дозиметрических измерений).

Литература

1. Клёнов Г.И., Хорошков В.С. Развитие протонной лучевой терапии в мире и в России // Медицинская физика. 2005. № 4. С. 5–23.
2. Хорошков В.С. Эволюция технологий лучевой терапии: от рентгена к адронам // Ядерная физика. 2006. Т. 69. № 10. С. 1760–1780.
3. Карпунин В.О., Клёнов Г.И., Хорошков В.С. Первый в России специализированный клинический центр протонной лучевой терапии // Альманах клинической медицины. 2008. № 17-1. С. 316–319.

Experimental verification of the dose distributions simulation for proton therapy

Vladimir Olegovich Karpunin, Principal Engineer-Physicist, NRC Kurchatov Institute SSC RF – Institute for Theoretical and Experimental Physics

Experimental verification of the proton beam dose distributions Monte-Carlo calculation in IThMC code is considered. The scattering model is shown to be chosen and implemented in IThMC code correctly, and this code could be used to verify dose distributions calculation in treatment planning systems for proton therapy.

Keywords: proton radiation therapy, treatment-planning system, verification, simulation, Monte-Carlo method, dose distribution

УДК 528.2/5 528.8 528.02

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПОДЗЕМНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ

Андрей Олегович Куприянов, канд. техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой прикладной геодезии,
E-mail: miigaiknir@yandex.ru,

Московский государственный университет геодезии и картографии,
<http://www.miigaik.ru>

Дается описание геодезического и геоинформационного обеспечения при строительстве трассы туннелей. Раскрываются особенности работ данного вида. Описано применение методов геоинформатики и спутниковой навигации при проведении данных работ. Дается обобщение работ в области геодезического обеспечения. Отмечена необходимость использования методов прикладной геоинформатики для комплексного использования разных методов при ведении подземных работ.

Ключевые слова: прикладная геоинформатика, геодезическое обеспечение, цифровое моделирование, геодезическое плановое и высотное обоснования, подземные работы

Введение. Современная прикладная геоинформатика решает прикладные задачи на основе интеграции наук о Земле и методов информатики [1]. Это свойство приносит



А.О. Куприянов

большой эффект при подземных геодезических работах [2], которые требуют интеграции геодезических измерений, геоинформационного моделирования [3] и применения спутниковых навигационных систем [4]. С одной стороны геодезическое обеспечение изысканий в своей основе опирается на проверенные временем и практикой методы [5–7]. В то же время развитие наук о Земле привело к внедрению новых методов – методов цифрового моделирования. При сборе информации говорят уже не о сборе данных, а о сборе геоданных [8, 9]. Это обусловлено интеграцией данных и измерений в геоданные, а главное то, что геоданные являются системным информационным ре-

сурсом [9]. В целом имеет место интегрированный подход к применению ранее независимых технологий, что привносит инновационную составляющую в классические работы прикладной геоинформатики [10]. Кроме того, автоматизация с использованием методов прикладной геоинформатики служит хорошей основой для обучения и переподготовки специалистов [11].

Основная часть. В зависимости от характера строительства сооружений выделяют четыре группы подземных сооружений:

- проведение горных выработок по целевому проекту;
- приспособление под объекты существующих горных выработок и естественных подземных полостей;
- использование пористых геологических структур в недрах Земли;
- комплексное освоение подземных пространств проведением горных выработок по целевому проекту и приспособлением ранее отработанных.

Строительство тоннелей относится к первой группе работ. Тоннель, или туннель – горизонтальное или наклонное подземное сооружение, одно из измерений которого (длина) значительно превосходит по размерам два других (ширину и высоту). Это относит туннель к протяженным объектам, для которых характерны свои особенности [12], что также требует учета при геодезическом обеспечении. Тоннель может быть пешеходным, но чаще всего их создают при строительстве метрополитена, то есть для транспортных задач.

Геодезическое обеспечение при строительстве туннеля включает совокупность работ [5], из которых важнейшим направлением является геодезическое обоснование. Геодезическое обоснование создается для точного перенесения в натуру проектных данных подземных и наземных сооружений. Оно подразделяется на плановое и высотное. Геодезическое плановое и высотное обоснования трассы туннеля делят на две части: геодезическое обоснование на поверхности и геодезическое обоснование в самом туннеле.

До недавнего времени основным плановым геодезическим обоснованием на поверхности для вынесения в натуру проекта трассы туннеля служила туннельная триангуляция [13]. Туннельная триангуляция могла быть заменена трилатерацией или линейно-угловыми построениями. Типичная схема планового геодезического обоснования на поверхности приведена на рисунке 1. Туннельная триангуляция представляет собой протяженный объект в виде вытянутой вдоль трассы цепочки треугольников или геодезических четырехугольников, со связующими углами не менее 40°. В качестве базисов используют непосредственно стороны, расположенные на концах цепочки, а при длинных туннелях используют базисы и в середине. Для получения исходных координат во внешней системе один из пунктов трассы привязывают к пунктам государственной геодезической сети.

При туннельной триангуляции обязательно предусматривается возможность передачи дирекционных углов через два смежных ствола от одной и той же стороны, что исключает влияние ошибки исходного дирекционного угла на величину несбойки. Пункты пространственной сети стремятся располагать ближе к стволам шахт, но вне зоны возможных деформаций, возникающих под влиянием подземных выработок. Все измерения в сети производят дважды с перерывом в один месяц.

Разряд триангуляции и технические характеристики туннельной триангуляции зависят от длины строящегося туннеля. Например, при длине туннеля от 2 до 5 км применяют третий разряд триангуляции с длинами сторон от 1,5 до 5 км. Средняя квадратическая ошибка измеренного угла в такой сети, подсчитанная по невязкам в треугольниках должна быть не хуже 1,5", а относительная ошибка измеренной длины базиса должна быть не ниже 1:400000.

В качестве второй ступени приведенной схемы планового обоснования туннеля выступает основная полигонометрия, главное назначение которой – передача

координат от пунктов триангуляции в район ствола и на подземные выработки. Её создают вдоль трассы туннеля вытянутыми ходами или полигонами, опирающимися на пункты туннельной триангуляции. При длине туннеля менее 1 км она может служить первичным плановым обоснованием. Длины ходов между пунктами триангуляции допускаются до 4 км, а между узловыми точками – 1 км. Длины сторон находятся в пределах 150–500 м.

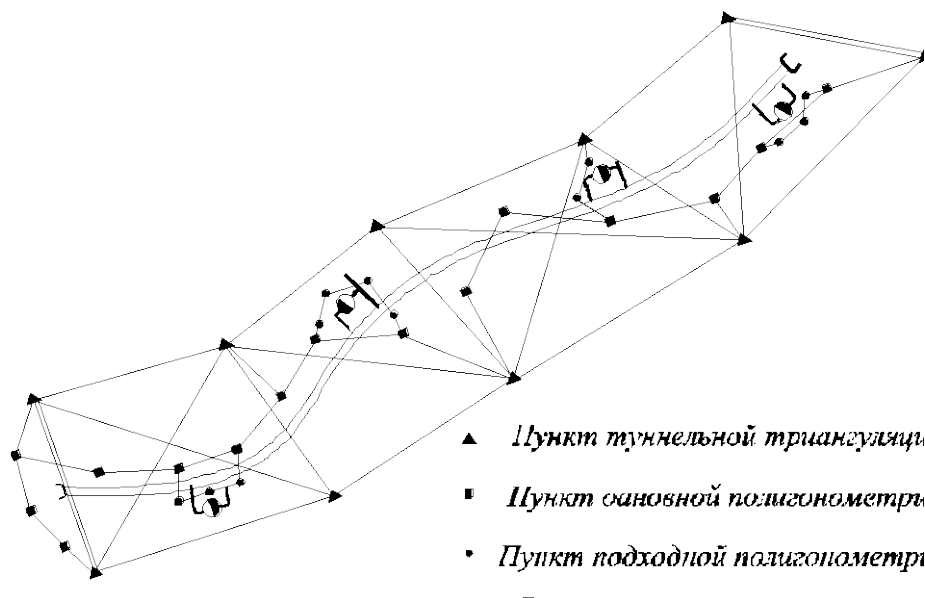


Рисунок 1– Схема планового геодезического обоснования туннеля

В настоящее время измерения в полигонометрических ходах целесообразно выполнять электронными тахеометрами. До недавнего времени стороны в полигонометрии измерялись инварными проволоками или фазовыми светодальномерами, а горизонтальные углы теодолитами Т2. Относительная невязка полигонометрического хода не должна превышать 1:30000, а допустимая угловая невязка определяется по формуле $f_{\beta} = 6\sqrt{n}$.

На строительных площадках стволов шахт для передачи координат в подземные выработки создают подходную полигонометрию в виде замкнутых полигонов или ходов с узловыми точками. Подходная полигонометрия должна опираться на пункты основной или туннельной полигонометрии. Длины ходов не допускаются более 300 м, а стороны менее 30 м. Углы измеряют со средней квадратической ошибкой 4». Допустимая угловая невязка в ходах и полигонах определяется по формуле $f_{\beta} = 8\sqrt{n}$. Относительная ошибка измерения сторон не должна превышать 1:20000.

Применение электрооптических светодальномеров и электронных тахеометров позволило заменить метод триангуляции методом полигонометрии. Пункты туннельной полигонометрии рекомендуется закладывать вне зоны возможных деформаций и не далее 1 км от трассы туннеля. Приведённая на рисунке 1 схема планового обоснования при этом упростится: из схемы выпадает триангуляционное построение.

Серьёзные изменения претерпела схема планового геодезического обоснования трассы туннеля в связи с внедрением спутниковых технологий [14, 15, 16]. Спутниковые определения, с некоторыми обобщениями и упрощениями позволяют представить схему построения планового обоснования туннеля на поверхности по новому.

Вблизи ствола будущего туннеля, вне зоны возможных деформаций строится сеть из пунктов GPS определений. Количество и расположение пунктов выбирают таким образом, чтобы в образовавшейся фигуре можно было проконтролировать

геометрические связи, выполнив традиционные измерения длин сторон и горизонтальные углы. Кроме того, проложив полигонометрический ход между пунктами GPS смежных стволов, можно судить о точности построения планового обоснования на поверхности туннеля, и, таким образом, гарантировать надёжные исходные данные для ориентирования подземных сооружений.

Дальнейшие работы по геодезическому обеспечению строительства туннеля заключаются в ориентировании подземных выработок. Ориентировать подземные выработки означает передать в забой координаты и дирекционный угол. Ориентирование производят на пункты подземной полигонометрии, которые закрепляют у ствола. В подходных штольнях, до выхода на ось туннеля, прокладывают подходную подземную полигонометрию. После выхода на трассу вслед за движущимся вперёд забоем прокладывают ходы сначала рабочей полигонометрии со сторонами 25–50 м, затем основной подземной полигонометрии со сторонами 50–100 метров. И, наконец, при удалении забоя на 200 м и более от ствола для повышения точности передачи дирекционного угла от приствольной линии к забою прокладывают главные ходы подземной полигонометрии. Пункты главных полигонометрических ходов совмещают через две-три стороны с пунктами основной подземной полигонометрии.

Высотное геодезическое обоснование также строится в виде сетей на поверхности и нивелирных ходов в подземных выработках. Класс нивелирных сетей выбирается в зависимости от длины туннеля и длин встречных подземных выработок, предусмотренных проектом.

При длине туннеля более 2 км, а в горных районах более 1 км, согласно действующим инструкциям, следует выполнять нивелирование II класса, а при длине туннелей менее 2 км – нивелирование III класса. При сооружении метрополитенов высотное геодезическое обоснование, кроме обеспечения сбойки подземных выработок, служит основой для наблюдения за осадками зданий и сооружений.

Нивелирные сети II и III класса, развиваемые для строительства туннеля, представляют собой вытянутую вдоль трассы систему замкнутых полигонов, охватывающую всю полосу возможной деформации местности. От реперов этих ходов высоты передаются к стволам шахт, а затем через стволы – в подземные выработки.

Для ориентирования подземных геодезических сетей с земной поверхности в подземные выработки передают дирекционные углы, координаты и высоты. Этот комплекс работ является наиболее ответственным в туннелестроении и требует максимального внимания и полной отдачи всех служб строительства.

В тех случаях, когда туннельные выработки выходят на земную поверхность, ориентирование осуществляется проложением полигонометрического хода через горизонтальные и наклонные туннели. При сооружении туннеля через вертикальную шахту ориентирование подземных ходов может быть выполнено несколькими способами, как-то: створа двух отвесов, соединительного треугольника, двух шахт, гиротеодолитом и др.

Ориентировать подземные сооружения можно и при помощи магнитной буссоли. Для этих целей на поверхности определяют магнитный азимут известного дирекционного направления, определяют склонение магнитной стрелки, а, спустившись в подземную выработку, строят нужный дирекционный угол с учётом найденного склонения. Однако точность таких построений не превысит 1 угловой минуты.

Ориентирование способом двух отвесов находит наибольшее применение при передаче дирекционных углов в подземные выработки. Средняя квадратическая ошибка передачи дирекционного угла этим способом составляет около 30". Несколько усовершенствовав способ, ошибку можно уменьшить до 10–15".

Отвесы O_1 и O_2 подвешивают в шахте таким образом, чтобы исключить их касания с ограждающими конструкциями ствола и влияния потоков воздуха. Отвесы нагружают грузами, а грузы помещают в ёмкости с вязкой жидкостью для уменьшения

колебаний. От пунктов наземной подходной полигонометрии выносят и закрепляют над шахтой ось подземной подходной штольни точками T_1 и M_1 (рисунок 2).

Над точками центрируют соответственно теодолит и визирную марку. Строго в створе визирной линии зрительной трубы теодолита, наведённой на марку, выставляют отвесы O_1 и O_2 . Таким образом, дирекционный угол створа двух отвесов равен дирекционному углу оси подходной штольни.

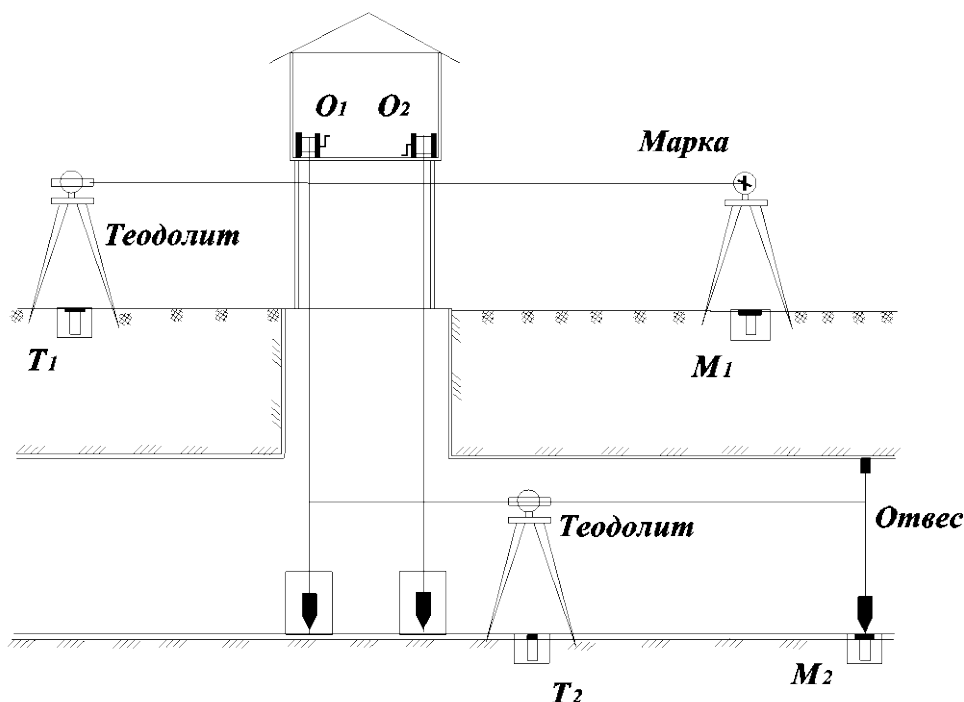


Рисунок 2 – Ориентирование по способу двух отвесов

В подземных выработках теодолит устанавливают на координатном столике. Передвигая теодолит перпендикулярно плоскости отвесов, устанавливают визирную ось в створе отвесов, а построив угол в 180° , подвешивают отвес (или устанавливают визирную марку) и закрепляют в створе точку M_2 . Закрепив точку T_2 на продолжении оси вращения теодолита, получают в подходной штольне её ось T_2M_2 , дирекционный угол которой принимают равным оси T_1M_1 на поверхности (рисунок 2).

Ориентирование методом двух шахт. По мере продвижения забоя от ствола по трассе в подземных выработках прокладываются полигонометрические ходы, в которых измеряются стороны l и углы β и вычисляют приращения координат и координаты пунктов хода. При большом удалении забоя от ствола с поверхности бурят скважину для подачи строительных материалов и улучшения вентиляции в забое. Наличие такой скважины по трассе туннеля позволяет проконтролировать построенный подземный полигонометрический ход и выполнить его переориентирование.

Для этих целей в вентиляционной скважине подвешивается отвес, на который передаются координаты с пунктов основной полигонометрии на поверхности. Координаты отвеса на поверхности и, следовательно, под землёй принимаются за основу для переориентирования подземного хода.

Обозначим координаты отвеса, опущенного через скважину и полученные на поверхности от пунктов полигонометрии через y_n и x_n , а координаты того же отвеса, полученные посредством полигонометрического хода, проложенного под землёй, через $y_{ш}$ и $x_{ш}$.

Тогда разница координат определит невязки по осям: $f_x = x_{ш} - x_n$; $f_y = y_{ш} - y_n$

По полученным невязкам f_x и f_y вычисляют абсолютную и относительную невязки подземного полигонометрического хода:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}; \quad \frac{f_s}{L} = \frac{1}{T}.$$

Если $1/T$ окажется более $1:10000$, то считают, что точность измерений в подземном полигонометрическом ходе недостаточна и измерения следует повторить.

Ориентирование подземных выработок способом двух шахт выгодно отличается от всех остальных способов, поскольку позволяет получить дирекционный угол стороны подземного полигонометрического хода непосредственно у забоя. Однако способ применим для прямолинейных трасс туннелей, когда ход подземной полигонометрии считается вытянутым. Ошибка способа около $8''$.

Для вытянутого полигонометрического хода продольная невязка t является результатом суммарного действия на положение конечной точки T_k ошибок линейных измерений; равным образом, поперечная невязка u есть результат совместного действия ошибок угловых измерений (рисунок 3).

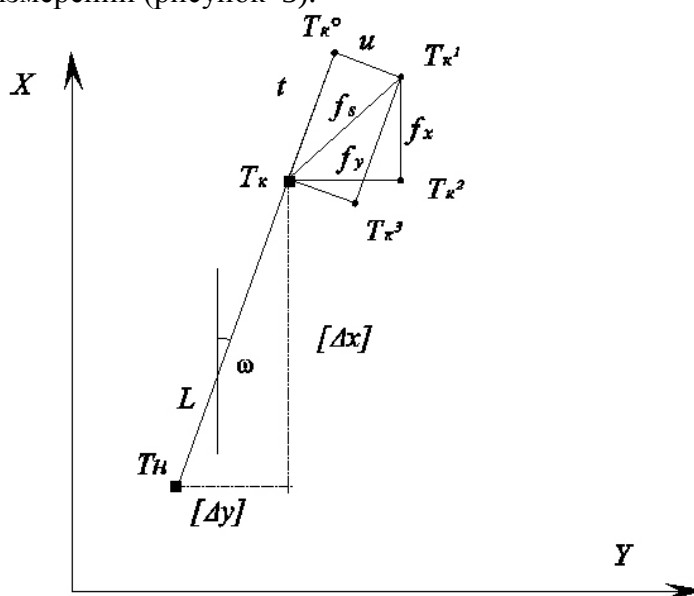


Рисунок 3 – Продольная и поперечная невязка полигонометрического хода

Переход от f_x и f_y к t и u основан на переходе от одной системы координат к другой. Непосредственно из рисунка вытекает, что

$$\begin{aligned} t &= f_x \cdot \cos \omega + f_y \cdot \sin \omega, \\ u &= f_y \cdot \cos \omega - f_x \cdot \sin \omega. \end{aligned} \quad (1)$$

Для угла ω имеем

$$\sin \omega = \frac{[\Delta y]}{L}; \quad \cos \omega = \frac{[\Delta x]}{L},$$

где $L = \sqrt{[\Delta x]^2 + [\Delta y]^2}$ является замыкающей полигонометрического хода. В соответствии с этим формулам (1) можно придать вид:

$$\begin{aligned} t &= \frac{f_x \cdot [\Delta x] + f_y \cdot [\Delta y]}{L}, \\ u &= \frac{f_y \cdot [\Delta x] - f_x \cdot [\Delta y]}{L}. \end{aligned} \quad (2)$$

Полученные величины t и u можно проконтролировать по формуле

$$f_y^2 + f_x^2 = f_s^2 = u^2 + t^2. \quad (3)$$

Поперечная невязка u служит исходной величиной для ориентирования подземного геодезического обоснования по способу двух шахт. Она является следствием влияния ошибок геодезического обоснования на поверхности m_1 , ошибок угловых измерений в подземном полигонометрическом ходе m_2 и ошибки ориентирования первой линии подземного полигонометрического хода m_3 .

Так как обоснование на поверхности считается исходным и неизменным, то полученную поперечную невязку u устраняют путём введения поправок в исходный дирекционный угол и измеренные углы подземного полигонометрического хода.

Ожидаемое влияние ошибок обоснования, созданного на поверхности, на поперечную невязку вычисляют по формуле

$$m_{u1} = L : 45000. \quad (4)$$

Для вычисления величины ожидаемого влияния ошибок измеренных углов подземного полигонометрического хода применяют формулу

$$m_{u2} = \frac{m_\beta}{\rho} L \sqrt{\frac{n+1,5}{3}}. \quad (5)$$

Влияние ошибки ориентирования приствольной линии подземного полигонометрического хода подсчитывают по формуле

$$m_{u3} = \frac{m_o}{\rho} L, \quad (6)$$

где m_o – средняя квадратическая ошибка исходной стороны подземного полигонометрического хода, которая определяется способом ориентирования подземной выработки.

Суммарная ожидаемая величина полной поперечной ошибки хода будет

$$m_u = \sqrt{m_{u1}^2 + m_{u2}^2 + m_{u3}^2}. \quad (7)$$

Таким образом, часть поперечной невязки, устраняемая исправлением дирекционного угла исходной стороны подземного полигонометрического хода, определится из соотношения

$$u_3 = u \frac{m_{u3}^2}{m_u^2}. \quad (8)$$

Поправка в исходный дирекционный угол подземного полигонометрического хода найдётся из выражения

$$\Delta\alpha = -\frac{u_3}{L} \rho. \quad (9)$$

Вторая часть поперечной невязки, равная $(u - u_3)$ исключается введением поправок в измеренные углы подземного полигонометрического хода. Угол, образованный диагональю хода, находят по формуле

$$\varpi = \frac{(u - u_3)}{L} \cdot \rho, \quad (10)$$

а поправку в измеренные углы вычисляют по формуле

$$v_{\beta i} = \frac{u_3 - u}{L} \rho \frac{6[n - 2(i - 1)]}{(n + 1)(n + 2)}, \quad (11)$$

где n – число сторон хода по трассе, i – текущая точка хода.

Продольную невязку t распределяют с обратным знаком пропорционально длинам сторон хода. Поправка в каждую линию будет

$$v_{li} = -\frac{t}{L} \cdot l_i. \quad (12)$$

После распределения поправок в углы и длины сторон подземного полигонометрического хода вычисляют поправки в приращения координат по формулам

$$\begin{aligned} v_{\Delta yi} &= v_{li} \cdot \sin \alpha_i + \frac{\Delta x_i \cdot v_{ai}}{\rho}; \\ v_{\Delta xi} &= v_{li} \cdot \cos \alpha_i - \frac{\Delta y_i \cdot v_{ai}}{\rho}. \end{aligned} \quad (13)$$

Описанный способ уравнивания измерений при ориентировании подземной геодезической основы по способу двух шахт не является строгим, но вполне применим на практике.

Особенностью современного геодезического обеспечения туннелестроения при использовании прикладной геоинформатики является широкое использование цифровых моделей [17]. В целом при геодезических работах в туннелестроении используют интегрированный подход, основанный на применении геоинформационных моделей и геоинформационных технологий [3]. Это по существу заменяет методы чистых геодезических работ на методы геоинформатики с интеграцией геодезических измерений в геоданные. В остальном методически применяют известные технологии, использующие опыт туннелестроения, но перенесенные на новую цифровую основу.

Заключение. В настоящее время с целью развития методики геодезического обеспечения [18] все шире включают методы прикладной геоинформатики. При этом используют ряд новых понятий и моделей. Геотехническая система [19] как модель обобщает целый ряд пространственных объектов и позволяет использовать опыт геодезических измерений в равной степени как при строительстве, так и при мониторинге [20]. Прикладная геоинформатика позволяет интегрировать разные методы [21] и в первую очередь спутниковые технологии [22]. Прикладная геоинформатика позволяет применять ряд новых пространственных моделей [23] и новых методов моделирования [24]. Принципиальным при использовании прикладной геоинформатики является переход от совокупности точек к системе данных и системам трехмерных моделей [25]. То есть прикладная информатика позволяет шире применять системный подход и комплексы моделей, в сравнении с единичными измерениями и уравнительными вычислениями.

Литература

1. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии. 2013. № 11. С. 2–7.
2. Куприянов А.О. Геодезическое обеспечение при строительстве трассы туннелей // Науки о земле. 2013. № 1(9). С. 32–38.
3. Цветков В.Я. Информационная модель как основа обработки информации в ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2005. № 2. С. 118–122.
4. Ключин Е.Б., Куприянов А.О., Шлапак В.В. Спутниковые методы измерений в геодезии. Ч. 1. М.: МИИГАиК, 2006. 60 с.
5. СНиП 3.01.03.84. Геодезические работы в строительстве.
6. ГОСТ 21778-81. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения.
7. Руководство по расчёту точности геодезических работ в промышленном строительстве. ГУГиК при СМ СССР. М.: Недра, 1979.
8. Цветков В.Я., Домницкая Э.В. Геоданные как основа цифрового моделирования // Современные наукоёмкие технологии. 2008. № 4. С. 100–101.
9. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829. DOI: 10.7868/S0869587314090278.

10. *Цветков В.Я.* Информатизация, инновационные процессы и геоинформационные технологии // Геодезия и аэрофотосъемка. 2006. № 4. С. 112–118.
11. *Куприянов А.О. и др.* Опыт создания автоматизированной обучающей системы подготовки специалистов в области использования результатов космической деятельности / А.О. Куприянов, А.А. Майоров, В.В. Голубев, В.Я. Цветков, С.Н. Яшкин, С.А. Григорьев, С.А. Атаманов // сб. статей по итогам научно-технических конференций. Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэросъемка. 2012. Вып. № 5. С. 26–31.
12. *Цветков В.Я., Омельченко А.С.* Особенности построения моделей объектов большой протяженности в геоинформатике // Фундаментальные исследования. 2006. № 4. С. 39–40.
13. *Черемисин М.С., Воробьев А.В.* Геодезическо-маркшейдерская разбивочная основа при строительстве подземных сооружений. М.: Недра, 1982. 262 с.
14. *Куприянов А.О.* GPS/GIS-нового поколения // Геодезия и картография. 2005. № 6. С. 17–18.
15. *Антонович К.М.* Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Т. 1, 2. М.: ФГУП «КАРТГЕОЦЕНТР», 2006. 360 с.
16. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02, ЦНИИГАиК, 2002 – 22с.
17. *Цветков В.Я.* Цифровые карты и цифровые модели // Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 2. С. 147–155.
18. *Куприянов А.О., Пичугина Т.А.* Тенденции развития спутниковых технологий по геодезическому и геоинформационному обеспечению // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2005. № 2(17). С. 60–65.
19. *Цветков В.Я.* Изучение геотехнических систем методами геоинформатики // Науки о Земле. 2012. № 3. С. 17–19.
20. *Савиных В.П.* Система получения координатно-временной информации для решения задач мониторинга // Науки о Земле. 2012. Вып. 3. С. 5–10.
21. *Романов И.А.* Применение методов геоинформатики при анализе инновационных проектов на железнодорожном транспорте // Науки о Земле. 2012. Вып. 3. С. 26–28.
22. *Куприянов А.О., Бородко Е.А.* Комплексные испытания интегрированной картографо-геодезической спутниковой аппаратуры нового поколения // Геодезия и картография. 2006. № 10. С. 41–45.
23. *Соловьев И.В.* Применение модели информационной ситуации в геоинформатике // Науки о Земле. 2012. № 1. С.54–58.
24. *Маркелов В.М.* Геоинформационное ситуационное моделирование // Науки о Земле. 2012. № 4. С. 72–76.
25. *Дышленко С.Г.* Принципы трехмерного моделирования в ГИС // Науки о Земле. 2012. № 4. С. 65–71.

Digital simulation in underground surveying services

Kupriyanov Andrey Olegovich, Ph.D., Professor, Head of Department of Applied Geodesy, Moscow State University of Geodesy and Cartography

This article describes the surveying and GIS software in the construction of highway tunnels. This article describes the features of this type of work. This article describes the application of Geoinformatics and satellite navigation of that effort. This article describes the synthesis of work in the field of geodetic support. The article shows the necessity of using methods of applied geoinformatics for underground works. The article shows that the use of Applied Geoinformatics enables comprehensive use different methods for underground works.

Keywords: *Applied geoinformatics, surveying software, digital modeling, geodetic horizontal and vertical justification, underground work*

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОСТОРАХ МОБИЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА

Илья Павлович Михнев, канд. техн. наук, доцент кафедры Информационных систем
и математического моделирования,

E-mail: mkmco@list.ru,

Волгоградский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ»,
<http://vlgr.ranepa.ru>

Статья анализирует основные угрозы информационной безопасности на просторах мобильного Интернета. Рассмотрены атаки на социальные сети и Man-in-the-Browser атаки. Показан самый надежный способ защиты от утечек информации через мобильные устройства и съемные носители.

Ключевые слова: информационная безопасность, мобильный Интернет, защита информации, информационные ресурсы

Введение

В настоящее время во всем мире резко повысилось внимание к проблеме информационной безопасности на просторах мобильного Интернета. Это обусловлено процессами стремительного расширения потоков информации, пронизывающих все сферы жизни общества. Информация давно перестала быть просто необходимым для производства вспомогательным ресурсом или побочным проявлением всякого рода деятельности. Она приобрела ощутимый стоимостной вес, который четко определяется реальной прибылью, получаемой при ее использовании, или размерами ущерба, с разной степенью вероятности наносимого владельцу информации. Однако создание индустрии переработки информации порождает целый ряд сложных проблем. Одной из таких



И.П. Михнев

проблем является надежное обеспечение сохранности и установленного статуса информации, циркулирующей и обрабатываемой в информационно-вычислительных системах и сетях [1].

Сегодня мобильный Интернет приобретает все большую популярность и по своей распространенности скоро догонит традиционный проводной аналог. Растут скорости передачи данных, развиваются связные технологии, и любой современный гаджет использует возможности мобильного соединения в полном объеме. Мобильный Интернет – отличный помощник делового человека в поездках и командировках. Смартфон всегда путешествует вместе со своим владельцем и оперативное решение таких задач, как работа с электронной почтой, создание и редактирование документов, а также веб-серфинг с помощью мобильного устройства, уже давно не являются чем-то особенным.

Однако возможность беспроводного доступа ко Всемирной паутине практически из любой точки земного шара таит в себе ряд специфичных опасностей. Вредоносные программы, которые благополучно фильтруются антивирусами на компьютерах, на просторах мобильного Интернета в полной мере проявляют себя, угрожая безопасности вашего устройства. Не стоит забывать и про то, что баланс лицевого счета абонента представляет большой интерес для недобросовестных контент-провайдеров и различного рода мошенников.

Основные угрозы на просторах мобильного Интернета

Эксперты сходятся во мнении, что основные угрозы в сфере мобильного мошенничества в 2015–2016 гг. будут связаны с мобильным банкингом. Мобильные платформы не отличаются столь же высокой степенью защиты, как интернет-сайты или банко-

маты, и поэтому более уязвимы для мошенников [2]. Злоумышленники будут всеми способами пытаться проникнуть в браузер и мобильные приложения пользователя и завладеть его персональными данными с целью получить контроль над счетом. В недалеком будущем следует ожидать повышенного интереса мошенников к р2р-платежам, которые, по мнению специалистов, скоро должны стать популярными в нашей стране.

В погоне за персональными данными владельцев смартфонов преступники часто прибегают к методам социального инжиниринга – управления действиями пользователя без помощи технических средств, манипулируя исключительно человеческими слабостями. Так, известна мошенническая схема, которую условно можно назвать «звонок от сотрудника техподдержки». Звонящий представляется сотрудником техподдержки сотового оператора и сообщает о необходимости перепрограммирования телефона на новые параметры в связи с проведением технических работ. Владельца аппарата просят ввести комбинацию букв и цифр, после чего с его счета снимаются средства.

Попасться на удочку мошенников можно при посещении определенных ресурсов. Так, во время веб-серфинга часто можно встретить предложения «обновления» программного обеспечения. Такие оповещения можно получить, например, при переадресации с других, безопасных сайтов. После взаимодействия с таким информационным баннером происходит загрузка вредоносной программы, которая автоматически рассылает SMS-сообщения на платные короткие номера. С проблемой автоматической рассылки SMS-сообщений также сталкиваются пользователи, которые устанавливают программное обеспечение с многочисленных сайтов, предлагающих взломанные версии платных программ.

Существует и такая схема: на устройство приходит извещение о том, что для данного номера пришло MMS-сообщение. При переходе по ссылке, указанной в информационном письме, происходит загрузка вредоносной программы с последующей рассылкой SMS-сообщений на платные номера. В последнее время для автоматической загрузки вредоносного ПО достаточно просто открыть такое сообщение, особенно если у вас подключена опция автоматического перехода по полученным ссылкам.

Особую бдительность следует проявлять, пользуясь платными сервисами, которые предоставляют различные интернет-ресурсы. Порой на них бывает указана неверная информация, занижена стоимость предлагаемого контента. Рассчитывая скачать содержимое за написанную крупным шрифтом сумму, можно не обратить внимание на едва различимое примечание внизу, что цена указана на одни сутки. При этом вы оплачиваете подписку сразу на несколько месяцев. Также на сайте может быть не обозначено количество SMS-сообщений, которое необходимо отправить для совершения покупки. Особое внимание следует уделить вирусам, которые попадают в смартфоны через MMS, Интернет и установленные приложения. После заражения устройство начинает самостоятельно отправлять SMS-сообщения на платные короткие номера мошенников. Рассылка SMS или MMS без ведома пользователя может производиться Java-приложениями, в результате чего под угрозой оказываются и номера из списка контактов жертвы, на которые также отправляются сообщения для дальнейшей передачи вируса. Индикаторами того, что вы стали жертвой вредоносной программы может стать непривычно быстро разряжающийся аккумулятор и пропажа средств с лицевого счета. Получить вредоносное Java-приложение на своем аппарате можно также при скачивании и установке зараженных вирусом игр.

Но лишиться средств можно не только по вине мошенников, но и из-за своей собственной халатности, например, в результате неправильной настройки мультимедийного устройства. Любой гаджет, будь то смартфон или ноутбук, с каждым годом увеличивает собственное потребление интернет-трафика. Для мобильного устройства это могут быть различные процессы синхронизации, загрузка карт и другой соответствующей информации (например, сведений о пробках, дорожных происшествиях) при использовании навигатора. В настройках такого устройства по умолчанию включены многие

опции, связанные с функциями обмена данными. При работе с ноутбуком интернет-соединение используется для автоматической загрузки различного рода обновлений: как самой ОС, так и установленного программного обеспечения.

Работа аппарата с настройками по умолчанию, без ограничения по расходу интернет – трафика, в домашнем регионе пользователя может быть приемлема как для него, так и для состояния его абонентского счета. Это объясняется низкими ценами на трафик и наличием льготных пакетов различного плана. В роуминге, когда цена за 1 Мб мобильного Интернета резко возрастает, ситуация приобретает иной характер. И любое регулярное обновление, постоянная подгрузка информации, а также другие привычные для абонента действия могут пагубно сказаться на балансе его счета.

Несмотря на предупреждения о дороговизне использования мобильного интернета в поездках, а также большом количестве историй с нашими соотечественниками, которые, закачав несколько серий любимого сериала, оказались должны несколько миллионов рублей операторам связи, такие случаи все еще имеют место. К счастью, в 2015 г. ситуация с ценами на мобильный Интернет в роуминге сильно отличается от той, которая была на рынке услуг сотовой связи несколько лет назад. Сегодня операторы большой тройки предлагают специальные пакеты трафика и тарифы для поездок и путешествий, которые предназначены для оптимизации затрат на мобильную связь и Интернет вне домашней зоны. Тем не менее, покупка местной сим-карты в некоторых случаях оправдана до сих пор [3].

При установке любых приложений на свой смартфон рекомендуется очень внимательно читать пользовательские соглашения, а также смотреть список опций, и процессов, которые программа запрашивает при инсталляции. Не будет лишним и чтение комментариев к загружаемым приложениям, так как порой информация, содержащаяся в отзывах других потребителей, может помочь избежать неблагоприятных последствий установки. Тем же, кто получает приложения только из официального магазина Google Play Market, рекомендуется отключить в опциях своего смартфона возможность установки приложений из ненадежных источников.

Если говорить о Google Play, то, в отличие от Apple Store, данный официальный репозиторий приложений для операционной системы Android до недавнего времени содержал в себе большое количество вирусных и других программ, способных нанести ущерб устройствам. Позже модерация была усилена, а загружаемый софт отныне проверяется антивирусом. Благодаря этим мерам удалось удалить большое количество вредоносного ПО и программ-подделок. Бороться с такими программами, помимо отключения вышесказанных опций в настройках смартфона, помогают также средства антивирусной защиты.

Еще одна проблема, с которой могут столкнуться владельцы смартфонов, ноутбуков и планшетов, – неумышленная покупка того или иного приложения. Вероятность такой ситуации довольно высока, учитывая богатый выбор программ, представленных в Google Play Market и Apple Store. В этом случае предусмотрена процедура возврата потраченных денежных средств. Временной интервал, за который можно отказаться от покупки, составляет 24 часа для App Store и 15 минут для Google Play.

Атаки на социальные сети

Социальные сети – идеальная площадка для распространения троянов и прочих вредоносных программ. Аккаунт в Twitter, Facebook and LinkedIn с миллионом подписчиков представляется лакомым куском для мошенников, поскольку, завладев им, можно разослать вирус большому числу пользователей. Последние, доверяя источнику, скорее всего, кликнув на злополучную ссылку или откроют файл.

Социальные сети облегчают проведение так называемых drive-by атак, при которых компьютер пользователя заражается при простом посещении сайта, содержащего вредоносный код [4]. Если ссылку на этот ресурс распространить в социальной сети,

последствия будут катастрофическими. Так, в 2010 г. сотни тысяч пользователей стали жертвами Trojan Carberp после посещения одного нидерландского новостного сайта [5].

Аналогичную угрозу таит в себе активное использование поисковиков. «Представьте себе, что огромное число людей ищет в Google информацию об одном и том же событии, а злоумышленники находят лучшие фотографии, иллюстрирующие его, и заражают их вирусом. При просмотре картинок компьютеры пользователей инфицируются». Лучшей защитой в подобных ситуациях является информирование пользователей. Победить преступность только при помощи технологий невозможно – эта мысль является ключевой в индустрии безопасности последних лет. Но и пренебрегать своевременным обновлением антивирусных программ и патчей не стоит: службы безопасности организаций должны зорко следить за тем, чтобы и сотрудники предприятия, и клиенты не забывали обновлять свои системы и соблюдать основные правила безопасного пользования.

Атаки Man-in-the-Browser

Man-in-the-Browser – атака, при которой вредоносное ПО внедряется в клиентский интернет-браузер и при старте перевода денежных средств за считанные секунды изменяет параметры транзакции так, как угодно мошеннику. Обнаружить этот процесс крайне сложно [6]. «Злоумышленники могут разработать вирус для атаки на одну конкретную организацию. Такие атаки совершаются не каждый день, но когда это происходит, они имеют успех». Существует два способа предотвращения подобных нападений – контроль процесса аутентификации на сервере и мониторинг транзакционных аномалий [7]. Если «клиент» утверждает, что он в США и пытается получить доступ к американскому счету, однако устройство, с которого совершаются попытки войти в аккаунт, находится в другой стране, это свидетельствует о высоком риске мошенничества.

Использование личных устройств в служебных целях

В последнее время все большее число сотрудников компаний прибегают в процессе работы к личной технике, имеющей доступ к корпоративным базам данных, и это открывает широкие возможности для мошенничества [8]. В связи с этим организациям следует ограничивать доступ к ценной информации с личных устройств. Для этого потребуется иметь в своем распоряжении системы обнаружения мошенничества, чтобы определять, когда доступ к серверам совершается удаленно и отслеживать действия, которые теоретически могут способствовать преступной деятельности.

«Борьба со злоумышленниками должна быть результатом сотрудничества разных подразделений предприятия. Плохая защита – лучший стимул для хорошего нападения. К сожалению, многие организации еще не пришли к пониманию этой истины» [9].

В эпоху высоких технологий информация стала дороже золота, а потому конфиденциальные данные воруют все чаще и больше. И это серьезная проблема, ведь потерявшая свои коммерческие секреты компания может попросту закрыться. Особенно если это средний или малый бизнес, существующий в высококонкурентной среде [10].

Заключение

Автор считает, что самый надежный способ защиты от утечек через мобильные устройства и съемные носители – это шифрование. Найти инструменты, реализующие шифрование, нетрудно. Гораздо сложнее выбрать среди них наиболее эффективный. Главный принцип защиты информации заключается в том, что затраты на нее не должны превышать ущерба, который может нанести потеря или кража этой информации.

Поэтому для защиты данных оптимально использовать систему, которая, как минимум, не потребует сложного внедрения и штата специалистов для поддержки, а в идеале будет обладать более широкой функциональностью, чем просто шифрование данных на мобильных устройствах и флеш-накопителях.

Современная система шифрования должна защищать данные не только на съемных носителях (включая, но не ограничиваясь флешками), но и в облачных хранили-

щах, файлы и папки на локальных и сетевых ресурсах.

Удобнее, если шифрование будет осуществляться в прозрачном режиме, то есть незаметно для пользователей. При этом администратор системы должен иметь возможность указать типы данных и сценарии, для которых информация будет шифроваться принудительно либо по инициативе пользователя.

Чем более гибкое и многоуровневое разделение прав доступа к зашифрованной информации предоставляет система, тем она эффективнее и удобнее в использовании. Администратор должен иметь возможность настраивать самые различные правила, начиная с отдельного сотрудника или отдела и заканчивая всей компанией. Ну и, конечно, необходимо иметь возможность расшифровывать файлы на сторонних компьютерах с помощью пароля. Если система защиты корпоративных данных удовлетворяет перечисленным выше требованиям, то перед вами действительно надежный инструмент, который сможет защитить ваш бизнес от утечек информации.

Литература

1. Основы информационной безопасности хозяйственной деятельности: учебное пособие / И.П. Михнев; ВФ ФГБОУ ВПО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы». Волгоград: Изд-во ВФ ФГБОУ ВПО РАНХиГС, 2013. 144 с.
2. Сальникова Н.А., Астафурова О.А. Автоматизация поискового конструирования сложных СВЧ-устройств // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2013. Т. 17. № 14 (117). С. 122–126.
3. Астафурова О.А., Сальникова Н.А., Кулагина И.И. Интеграция научных разработок в обучении бакалавров экономического профиля // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 11. № 14 (141). С. 12–14.
4. Михнев И.П. Мультимедийные технологии в образовательном процессе // Современные наукоёмкие технологии. № 2/2004. С. 109–112.
5. Михнев И.П. Обучение и контроль знаний студентов с помощью UniTest // Фундаментальные исследования. № 1/2008. С. 94–95.
6. Мединцева И.П. Организационные аспекты использования информационных технологий в высшей школе // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2007. Т. 4. № 7(33). С. 171–173.
7. Лопухов Н.В., Сальникова Н.А. Логистический паспорт региона // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 11. № 14. С. 82–84.
8. Правовое регулирование и кадровая обеспеченность органов местного самоуправления: исторический аспект и современные основы: учебное пособие / Н.В. Сорокина, С.В. Михнева. Волгоград: Изд-во: ООО «Волгоградское научное издательство», 2013. 211 с.
9. Михнев И.П. Информационная безопасность в современном экономическом образовании // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 4/2013. С. 111–113.
10. Сальникова Н.А., Михнев И.П. Проведение аттестации знаний студентов с помощью компьютерного тестирования // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2007. Т. 4. № 7(33). С. 182–185.

Information security in the vast mobile Internet

Ilya Pavlovich Mikhnev, Ph.D., Associate Professor of Information Systems and Mathematical Modelling, Volgograd branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Russia, <http://vlgr.ranepa.ru>

The article analyzes the main threats to information security in the vast mobile Internet. Considered an attack on the social network and Man-in-the-Browser attacks. It shows the most reliable way to protect against leaks via mobile devices and removable media.

Keywords: information security, mobile Internet, data protection, information resources

АППАРАТНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ ИННОВАЦИИ 2010–2015 ПРОТОННО-ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ГЛАЗА

Дмитрий Георгиевич Орлов, канд. физ.-мат. наук, начальник установки,

E-mail: dmorlov@itep.ru,

Игорь Николаевич Ерохин, инженер-физик,

E-mail: erokhin@itep.ru,

НИЦ «Курчатовский институт»,

ФГБУ «ГНЦ РФ Институт теоретической и экспериментальной физики»,

<http://www.itep.ru/>

В последние годы нашим коллективом были предложены и разработаны новые методы и подходы для планирования и проведения облучения злокачественных новообразований глаза: уточнённая модель глаза, алгоритмы расчёта, стадия предварительного планирования, позволяющие как увеличить точность планирования, так и уменьшить время пребывания пациента на установке.

Они не реализованы в существующих системах планирования, что ставит перед нами задачу разработки собственной программы. Концепция и структурный состав программы опирается на технологию облучения, созданную в ИТЭФ совместно с врачами МНИИ Глазных Болезней им. Гельмгольца.

Ключевые слова: анатомическая модель глаза, протонная терапия, лучевая установка, дозно-анатомическое планирование, увеальная меланома

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 12-02-00475 и № 12-02-31921.

Введение

При мутации клеток организма возможно появление неконтролируемо делящихся клеток, с нарушенным механизмом апоптоза. Существуют три широко распространенных метода борьбы со злокачественными новообразованиями: хирургическое удаление, химиотерапия, радиотерапия. Но не все они одинаково применимы в случае поражения глаза человека. Зрительный аппарат человека в значительной степени определяет качество жизни, поэтому хирургический способ вмешательства – энуклеация, используется, когда не остается другой возможности для сохранения жизни пациента. Химиотерапия применяется в основном на поздних стадиях заболевания, когда уже появляются метастазы (рост опухолевой ткани на удалении от первичного очага). При обнаружении заболевания на ранних этапах наиболее эффективный метод – лучевая терапия (радиотерапия).

При небольших размерах опухоли применяется метод брахитерапии (контактная лучевая терапия), использующая введение радиоактивного препарата внутри опухоли или рядом с ней. Он создает заданное дозовое поле в мишени-опухоли, позволяющее разрушить клетки злокачественного образования. Но поле создается, не только в направлении опухоли (точка А, рисунок 1а), но также и за ее границами, т.е. во всей окрестности действия ионизирующего препарата, что при больших размерах опухоли создает опасность затронуть другие органы, находящиеся рядом с глазом, в том числе и мозг (точка Б, рисунок 1а).

В этом случае применяется дистанционная лучевая терапия, а именно протонная. Особенности взаимодействия протонов с веществом: большой градиент дозы облучения, что позволяет ограничить область максимального воздействия излучения именно мишенью-опухолью (рисунок 1б).

Успех применения протонной терапии для лечения злокачественных новообразований доказан статистикой многолетнего использования этого метода [1]. В таких случаях, как увеальная меланома глаза при больших размерах опухоли, это практически

единственный способ лечения, позволяющий сохранить не только глаз, но и зрение. На большом статистическом материале показано, что резорбция опухоли достигается в 96–98 % случаев, причем функция зрения (в той или иной степени) сохраняется у 70 % пациентов.

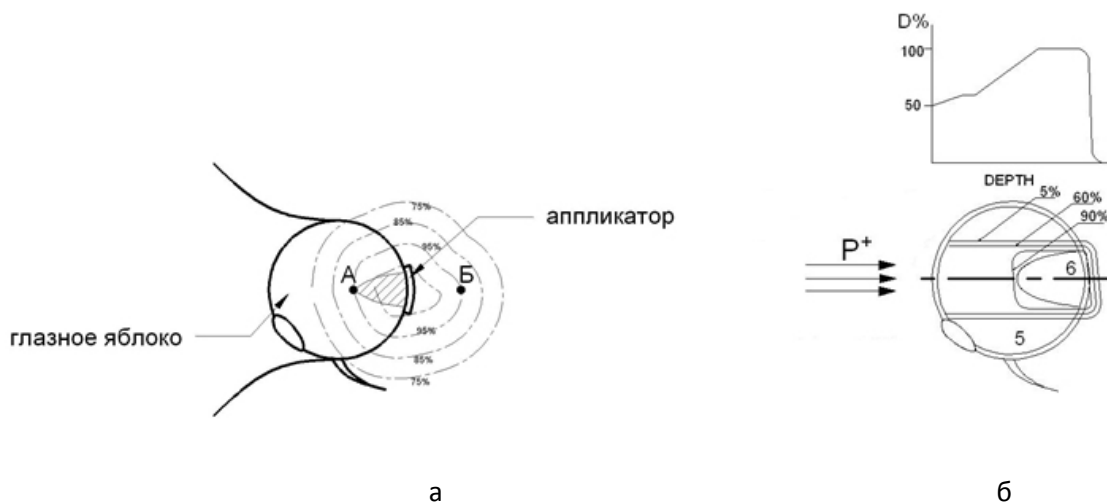


Рисунок 1 – Распределение дозы при облучении внутриглазной меланомы:
а) используя радиоактивный аппликатор, б) используя пучок протонов

Но при этом удаление глазного яблока пациента также может происходить и после успешного проведения протонно-лучевой терапии по причине атрофических или дегенеративных изменений (по данным 15-летней статистики в 4 % случаев при высоте опухоли менее 3 мм и в 39 % при высоте более 10 мм). Поздние последствия применения протонно-лучевой терапии могут не играть существенной роли для взрослого пациента, но это важно при терапии ЗН у детей.

Дозовые нагрузки в большой мере определяют частоту и степень тяжести после лучевых осложнений. Увеличение точности и адекватности топометрии и планирования позволяет добиться более эффективного облучения мишени, меньшей дозовой нагрузки на критические структуры глаза и сокращения времени, затрачиваемого на позиционирование пациента.

В первой части мы опишем особенности технологии протонно-лучевой терапии злокачественных новообразований глаза, затем рассмотрим разработанные в ИТЭФ совместно с врачами МНИИ Глазных Болезней им. Гельмгольца её усовершенствования, в конце затронем вопрос особенности создания современного программного обеспечения в приложении к системе планирования.

Технология

Проведение лучевой терапии включает три канонических этапа: получение топометрических данных пациента, дозно-анатомическое планирование, позиционирование пациента и собственно облучение. Протонно-лучевая терапия злокачественных новообразований (ЗН) глаза имеет существенные отличия для каждого из них.

Непосредственное использование «классических» методов топометрии: томографических данных (КТ, МРТ), крайне затруднительно при локализации опухоли в глазу. Глаз – достаточно гомогенная среда, и по данным томографирования сложно точно дифференцировать структуры глаза и опухоли (рисунок 2).

Таким образом, для планирования облучения приходится применять реконструированную анатомическую модель глаза, параметры которой рассчитывают по измерениям врачей-офтальмологов, использующих специальную офтальмологическую аппаратуру. Для определения положения ЗН на границе ее основания на поверхности глазного яблока (склере) подшиваются рентгеноконтрастные скрепки.



Рисунок 2 – Томографические изображения черепа пациента в плоскости, расположенной на уровне глаз (слева КТ, справа МРТ)

При позиционировании пациента, согласно утвержденному плану, в первую очередь требуется зафиксировать (произвести иммобилизацию) головы пациента. Для дальнейшего позиционирования необходимо размещения глаз пациента на горизонтальной оси, ортогональной направлению оси пучка протонов. Это достигается за счет использования лазерных центраторов: лазерный луч с помощью призмы уширяется в плоскость, которую располагают ортогонально направлению оси пучка протонов. Центраторы расположены справа и слева от кресла пациента. Голову пациента фиксируют в положении, когда плоскости лазеров проходит касательно поверхности роговицы соответствующих глаз. Но иммобилизация черепа не обеспечивает стабильности ЗН на оси излучения горизонтального протонного пучка, по причине возможности свободных поворотов глаза. Оставшиеся степени свободы фиксируются заданием углового положения взора пациента на т.н. фиксационную точку, представляющую собой светодиод (рисунок 3).

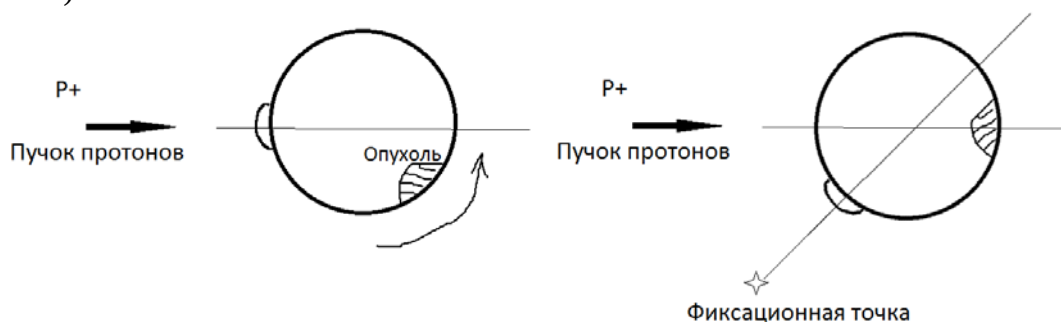


Рисунок 3 – Добровольная фиксация взора на фиксационную точку

Именно положение этого светодиода и рассчитывается, после выбора положения ЗН на оси пучка, в программе планирования.

Проверка выполнения утвержденного дозно-анатомического плана после позиционирования пациента выполняется по положению подшитых скрепок на портальных рентгеновских снимках.

Разработки

• моделирование

Как было показано в первой части статьи планирование облучение глаза невозможно без применения анатомической модели. При этом при выборе положения ЗН на оси пучка необходимо не только обеспечить подведение необходимой дозы к мишени-опухоли, но и минимизировать дозовую нагрузку на структуры глаза, которые могут оказаться на оси пучка. Критические для функции зрения структуры, такие как: хруста-

лик, фовеа и т.д., должны избегать попадания в зону прохождения пучка. Именно поражение данных структур может приводить как к потере зрения сразу, так и к отдаленным осложнениям. Поэтому степень точности и адекватности модели глаза играет существенную роль при дозно-анатомическом планировании для получения достоверного, эффективного и щадящего плана облучения.

Для решения подобной задачи используют специализированное программно-аппаратное обеспечение, программная часть которого называется системой планирования облучения (СПО). Хотя глаз является достаточно сложным объектом (рисунок 4, слева), изначально недостаточность вычислительных мощностей (как для расчета, так и визуализации) не позволяла работать с комплексными моделями, и все структуры моделей глаза, используемые в СПО, были достаточно схематичны и упрощены (рисунок 4, справа).

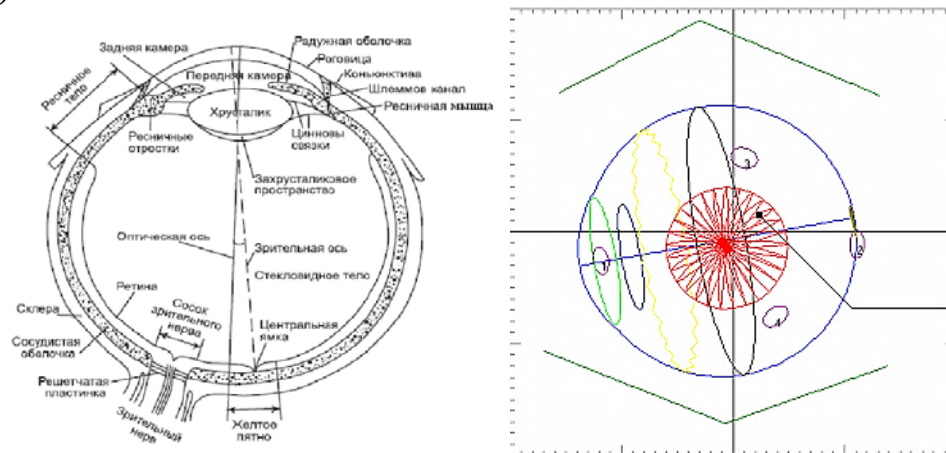


Рисунок 4 – Полная модель глаза из медицинского справочника и ее выборочное схематичное представление в СПО EyePlan 3.01

В современных СПО постепенно вводятся более сложные модели глаза, и улучшается их визуализация, но остается момент, который играет существенную роль, по причине использования фиксационной точки для позиционирования ЗН на оси пучка, – различие между оптической и зрительной осями глаза.



Хотя взор пациента направлен вдоль зрительной оси глаза, существующие системы планирования производят расчет именно для оптической оси (осью симметрии глаза). Различие между ними не столь велико (порядка 6 градусов), но как показал опыт, позиционирование пациента редко удастся осуществить с первой попытки, и требуется вносить ряд поправок, при каждой из которой повторяется проверка методом порталных рентгеновских снимков. Это увеличивает как время нахождения пациента на установке, так и нагрузку на пациента и врачей.

Была предложена овоидная модель глаза [2], которая лишена выше описанных недостатков, при этом степень ее детализации, ограничена только объемом исходных топометрических данных, по которым производится расчет параметров модели.

Для новой модели потребовалось пересмотреть алгоритмы расчета топометрических данных, формирования пучка и дозных распределений [3, 4].

• позиционирование

При «добровольном» направлении взора пациента на фиксационную точку мы не можем быть уверенны, что пациент будет непрерывно смотреть на нее, возможно как саккадические движения глаз, так и недостаточный контроль пациентом направления своего взора, либо дефекты зрения (например, косоглазие). Поэтому непосредственно при проведении облучения необходима дополнительная проверка направления взора

пациента. Предлагается [5] произвести усовершенствование фиксационной точки: разместить в центре фиксационной точки телевизионную камеру, окруженную светодиодами. Это позволит контролировать положение взора пациента: при отведении его от выбранного положения, и следовательно, ухода ЗН с оси пучка, произвести отключение пучка, что позволит избежать его воздействия на критические структуры глаза.

Использование лазерных центраторов дает существенную погрешность в позиционирование головы пациента (до нескольких миллиметров), а также дискомфорт пациента при воздействии на чувствительный орган – глаз яркого и интенсивного света от лазера. А.Н. Черных и В.И. Люлевич предложили использование вместо них камер, что позволит решить эти проблемы. Ими было предложено решение другого вопроса: как лазерные центраторы, так и камеры позволяют расположить оба глаза пациента в одной вертикальной плоскости, но не на одной горизонтальной линии. Коррекция этого требовала ослабление фиксации головы пациента, с последующей ее юстировкой и снова закреплением. В общем случае процесс занимал не одну итерацию. Это можно исправить добавлением к креслу наклоняющегося вправо-влево подголовника (с жесткой фиксацией к нему головы пациента).

Кроме этого предлагается внести изменения в саму процедуру планирования для оптимизации времени пребывания пациента на установке: ввести предварительную стадию планирования [6], чтобы врач имел возможность работать с данными клинической топометрии сразу после их поступления, до непосредственного прибытия пациента. Это позволит сократить необходимость длительного нахождения пациента на установке при составлении плана облучения, оптимизирует процесс лучевой терапии и её стоимость.

- **визуализация**

Все новые предложения и разработки будут не так эффективны, пока не введены (реализованы) в СПО. Система планирования, как любая современная программа, это не только модели и расчетные алгоритмы, а в первую очередь представление данных для пользователя: интерфейс взаимодействия пользователя (в данном случае планировщика) и программного обеспечения (ПО). Современный уровень развития вычислительной техники и прикладного обеспечения позволяет обеспечить не только достаточно сложную и реалистичную визуализацию различных процессов в науке, технике и медицине, но и возможность построения интуитивных и удобных интерфейсов взаимодействия пользователя и ПО.

Нам необходимо визуализировать модели и предоставить пользователю средства взаимодействия с ними. В нашей исследовательской группе не было специалистов с опытом создания программ 3D-визуализации, поэтому воспользовались порекомендованным нам программным интерфейсом OpenGL [7]. Он хорошо подходит для построения «с нуля» различных приложений с трехмерной графикой, но не для нашей разработки, поскольку требует наличия отдельного программиста, специализирующегося на построении конвейера OpenGL.

Более успешна была попытка использования фреймворка VTK (The Visualization Toolkit) [8, 9]. Он основан на том же интерфейсе OpenGL, но более дружелюбен к «программисту от науки» и скрывает большую часть низкоуровневых технических проблем от него. VTK обладает широкими возможностями для разработчиков и исследователей для научной визуализации средствами 3D-графики и обработки изображений. При этом VTK является открытым ПО (Open Source), что создало большое сообщество, готовое помочь с решением вопросов как для начинающего, так и для опытного пользователя. На основе него были написаны программы, реализующие отдельные аспекты системы планирования, в том числе поддерживающие использование томографических данных [10].

- **Обсуждение**

Сейчас существует множество СПО (например, Pinnacle³ – Philips, RayStation – RaySearch, Eclipse – Varian), претендующих на общность планирования любой локали-

зации ЗН, но как было показано к планированию облучения ЗН глаза требуется особый подход, что требует создание специализированной СПО. Именно с учетом этих особенностей разрабатывалась система EyePlan, используемая в комплексе OPTIS института Паули Шеррара (SPI). Это понимали и в Немецком Центре Исследования Рака (DKFZ), где создали СПО OSTOPUS, доработав систему общего планирования именно для нужд протонной лучевой терапии ЗН глаза. Есть свои разработки и в Японии, но в России подобных СПО до сих пор не создавалось.

После решения относительно небольших частных задач в рамках грантов РФФИ и не только, по мере понимания всей широты и объема разработки, встал вопрос о возможности создания полноценного прототипа такой системы планирования, в которой можно было бы задействовать все отдельные инновационные наработки и подходы. Выяснилось также, что для успешного продолжения работ в этом направлении нужно сформировывать хоть и небольшую, но самодостаточную, полноценную и устойчивую команду специалистов, имеющих возможности заниматься самыми разнообразными задачами в общем русле такой разработки.

Возможное коммерческое будущее данной разработки: подобный программный продукт может поставляться в рамках комплектации центров лучевой терапии ЗН глаза (так называемый «онкоофтальмологический пучок») в пределах РФ (по программе импортозамещения), так и за рубежом в качестве более дешевой альтернативы аналогичным разработкам.

Заключение

Сейчас после многих лет успешного лечения злокачественных новообразований глаза методом протонной терапии на первый план выходит влияние поздних лучевых осложнений, которые могут привести как потере зрения, так и к удалению глаза. Это существенно важно для тех, кто получил соответствующее лечение в молодом возрасте, особенно для детей.

Рассмотренные инновации позволят улучшить качество и эффективность как планирования, так и непосредственно процесса облучения. Следующим важным этапом в разработке является реализация наработок в системе планирования. Были проработаны отдельные самодостаточные компоненты такой программы, но для создания конечного продукта требуется большой коллектив единомышленников.

В настоящий момент мы ищем коллег, которые смогут последовательно заниматься не только творческим написанием программы, но и вопросами ее рутинной отладки, готовых изучать отдельные направления, для решения возникающих задач в рамках разработки, т.е. тех, кто может послужить основой для формирования слаженного коллектива на все время разработки.

Литература

1. Goitein G., Schallenbourg A., Verwey J. et al. Proton radiation therapy of ocular melanoma at PSI – long term analysis // Abstracts of PTCOG 48 Meeting. Heidelberg, Germany, 2009.
2. Орлов Д.Г., Владимирова О.М., Ерохин И.Н. и соавт. Представление модели глаза для использования в системе дозно-анатомического планирования лучевой протонной терапии внутриглазных новообразований // Российский офтальмологический журнал. 2013. № 4. С. 48–54.
3. Канчели И.Н., Ломанов М.Ф., Ерохин И.Н., Орлов Д.Г., Рудской И.В. Автоматическое определение формы глаза и положения опухоли при планировании протонной лучевой терапии внутриглазных злокачественных новообразований // Мед. физика. 2014. № 4 (64). С. 33–36.
4. Бородин Ю.И. и др. Инновационные разработки технических средств для протонной терапии внутриглазных новообразований. Ч. I / Ю.И. Бородин, В.В. Вальский, И.Н. Ерохин, И.Н. Канчели, М.Ф. Ломанов, В.И. Люлевич, Д.Г. Орлов, С.В. Саакян, В.С. Хорошков, А.Н. Черных // Российский офтальмологический журнал. 2015 (принято к публикации).
5. Орлов Д.Г., Черных А.Н. Развитие средств и методов протонной лучевой терапии меланомы глаза // Мед. физика. 2012. № 4(56). С. 57–62.

6. Ломанов М.Ф. и др. Разработка метода планирования протонного облучения внутриглазных новообразований / М.Ф. Ломанов, И.Н. Ерохин, И.Н. Канчели, Д.Г. Орлов, И.В. Рудской // Мед. физика. 2012. № 4 (56). С. 43–51.

7. Рудской И.В. и др. Визуализация в системе планирования протонной лучевой терапии внутриглазных злокачественных новообразований / И.В. Рудской, И.Н. Ерохин, И.Н. Канчели, М.Ф. Ломанов, Д.Г. Орлов // Мед. физика. 2014. № 1 (61). С. 33–37.

8. VTK User's Guide, 11th Edition // Kitware, Inc.

9. VTK Textbook, 4th Edition // Kitware, Inc.

10. Орлов Д.Г., Ерохин И.Н. Использование томографических данных в анатомической модели глаза для планирования протонной терапии // Мед. физика. 2014. № 2 (62). С. 20–23.

Hardware, technology and software innovations 2010-2015 proton radiation therapy of ocular tumors.

Dmitry Georgievich Orlov, PhD, NRC Kurchatov Institute FSBU SSC RF Institute for Theoretical and Experimental Physics (ITEP)

Igor Nikolaevich Erokhin, NRC Kurchatov Institute FSBU SSC RF Institute for Theoretical and Experimental Physics (ITEP)

Recently we investigate new methods for proton therapy treatment planning of ocular tumors: the refined anatomical model eye, algorithms, a preliminary stage of planning. It allows as increasing an accuracy of treatment planning, so decreasum the time of a patient's installing.

These methods have not been applied in existed planning systems, so we consider development new one. It'll be based on the irradiation technology, which was developed by specialists of ITEP in a collaboration with Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases.

Keywords: anatomical eye model, proton therapy, tomographic data, positioning, treatment planning, uveal melanoma

УДК 332.01

МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРЕИМУЩЕСТВА

Виктор Яковлевич Цветков, профессор, д-р техн. наук, зам. руководителя центра фундаментальных и перспективных исследований НИИАС,

E-mail: cvj2@mail.ru,

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»),
<http://www.vniias.ru>

Статья описывает информационное преимущество и методы его оценивания. Описаны характеристики оценки информационного преимущества. Раскрыто содержание новых понятий. Получены аналитические выражения, позволяющие проводить оценки в условиях нечеткой и слабоструктурированной информации. Эта методика позволяет моделировать реальные ситуации конкуренции, выходящие, в том числе, за рамки информационной области.

Ключевые слова: управление, принятие решений, риски, информация, информационная асимметрия, информационное преимущество, информационное взаимодействие, минимизация рисков

Введение. Информация, информационные ресурсы, знания, интеллектуальный капитал – являются основой для принятия решений и основой информационного пре-

имущества, которое влечет преимущество другого характера. Понятие информационного преимущества возникает у противоборствующих сторон в военной сфере, у конкурирующих организаций в рыночной ситуации; в научной



В.Я. Цветков

сфере при сравнении возможностей решения задач разными организациями и т.п. Одним из исследованных факторов информационного преимущества является информационная асимметрия [1–4]. Информационная асимметрия может быть рассмотрена как ситуация между двумя объектами или системами A и B . Эти системы могут быть противоборствующими. Как частный случай вторая система B может быть рассмотрена как угроза для первой. Например, угроза астероидно-кометной опасности (АКО) для планеты Земля. В дальнейшем будем говорить о системах, имея в виду расширенное понятие система, объект или субъект. Методы анализа и оценки информационного преимущества имеют аналог в теории игр при рассмотрении игр с противоположными интересами [5]. Однако в теории игр рассматривают величины одной категории – количественные значения вероятностей. Это определяет область теории игр как область количественного анализа. В отличие от теории игр оценка информационного преимущества связана с качественным и количественным анализом величин разных категорий. Построение модели информационного преимущества или методов его оценки позволяет формализовать анализ и повышает оперативность и надежность принимаемых решений, особенно в сложных ситуациях и ситуациях с большими объемами информации и большим числом вариантов.

Методы анализа и оценки информационного преимущества имеют аналог в теории игр при рассмотрении игр с противоположными интересами [5]. Однако в теории игр рассматривают величины одной категории – количественные значения вероятностей. Это определяет область теории игр как область количественного анализа. В отличие от теории игр оценка информационного преимущества связана с качественным и количественным анализом величин разных категорий. Построение модели информационного преимущества или методов его оценки позволяет формализовать анализ и повышает оперативность и надежность принимаемых решений, особенно в сложных ситуациях и ситуациях с большими объемами информации и большим числом вариантов.

Анализ и формализация терминологических отношений. При введении новой теории и анализе новой научной области необходимо определить новые термины и установить терминологические отношения [6] между вводимыми терминами и уже существующими. Только в этом случае теория будет согласованной с уже существующими, а новое знание не будет противоречить уже существующему.

Информационное преимущество всегда связано с чем-то. Например, информационное преимущество интеллектуальной системы над информационной системой (объект–объект). Информационное преимущество компьютера перед человеком (объект–субъект). Информационное преимущество угрозы (вероятностная характеристика) перед отражением угрозы (технология).

Информационное преимущество определяется в определенной среде. Такой средой для оценки информационного преимущества будет информационное поле [7]. В отличие от информационного пространства, информационное поле является активным и содержит полевую переменную, которая характеризует каждую точку поля. Именно эта характеристика помогает проводить оценку информационного преимущества в информационном поле.

Будем соотносить информационное преимущество с понятием системы, имея в виду субъект, объект, процесс или свойство. Информационное преимущество может быть явно определенным, например, взрослого перед ребенком, системы перед частью системы, информированного человека над мало информированным. Информационное преимущество может быть не явно определенным и требующим оценки, например одного человека перед другим, одной системы перед другой, одной программы перед другой, одной части системы перед другой. Для оценки информационного преимущества с применением системного подхода целесообразно использовать системный дихотомический анализ [8]. Дихотомия создает возможность простого деления и возможность сравнения делимых частей.

Таким образом, информационное преимущество связано с системой. Информационное преимущество выражает отношение между системами или частями. Информационное преимущество требует оценки и определения. Термин «информационное преимущество» является сравнительной характеристикой, которая применима к процес-

сам, фактам и свойствам.

Необходимо выделить информационное состояние, в котором может находиться система. Необходимо выделить информационную ситуацию, которая характеризует состояния (или одно состояние) и которая описывает систему. Информационная ситуация может включать ряд состояний. Информационная ситуация может описывать переходы между состояниями (динамику системы), описывать другие системы. Информационная ситуация может описывать части системы и их отношения; совокупность систем и их отношения. Информационная ситуация общее понятие по отношению к информационному состоянию.

Одним из состояний, для которого существует информационное преимущество является информационная асимметрия. Антонимом понятию «информационная асимметрия» может быть термин «информационная симметрия» и термин «информационное соответствие». Термины «информационная асимметрия» и «информационная симметрия» характеризуют статическое состояние. Это субстанциональные фактофиксирующие характеристики.

Оппозиционным [9] по отношению к термину «информационное соответствие» является термин «информационное несоответствие». Термины «информационное соответствие» и «информационное несоответствие» характеризуют условия, предшествующие информационному взаимодействию или условия информационного взаимодействия. Это процессуальные сравнительные характеристики.

Информационное несоответствие является более широким понятием в сравнении с понятием «информационная асимметрия». Асимметрия предполагает оценку двух величин одной категории, причем есть точный критерий ее оценки. Информационное несоответствие может относиться к одной и разным категориям. Например, несоответствие между полосой пропускания канала и интенсивностью потока. Несоответствие между результатом работ и потребностями заказчика к ее качеству.

В аспекте принятия решений информационная асимметрия может быть рассмотрена как информационное состояние, связанное с информационной неопределенностью или не информированностью одной стороны в сравнении с первой. Такое состояние может служить основой риска или ошибки при принятии решений. Она может служить основой развития негативных процессов.

Виды информационной асимметрии. Рассмотрим для начала информационную асимметрию как характерный фактор информационного преимущества. Информационная асимметрия может быть внутренней (внутрисистемной) или внешней (внесистемной). Внутренняя информационная асимметрия характеризует отношение частей системы. Внешняя информационная асимметрия характеризует отношение разных систем. Информационное преимущество между системами оценивается по внешней информационной асимметрии, но с учетом внутренней асимметрии.

Внутренняя информационная асимметрия достаточно подробно рассмотрена в литературе. Ее связывают в первую очередь с работами Дж. Акерлофа [3]. В качестве систем им были рассмотрены как система рынок с качественными и некачественными товарами (рынок персиков и лимонов), система отношений между руководителем и подчиненными (проблема царя Соломона), система отношений между агентом и посредником для выполнения работы (проблема «агент-принципал»)

Рассмотрим первую проблему. «Лимоном» на вторичном рынке автомобилей США называют автомобиль с изъянами (не высокого качества), о которых знает продавец (A), но не знает покупатель (B). «Персиком» называют подержанный автомобиль высокого качества, который не имеет существенных недостатков и является ценным приобретением для покупателя. В этом рассмотрении A и B являются частями системы. Общей системой является рынок.

Ситуация с лимонами характеризуется отношением информированности

$$A > B.$$

Ситуация с лимонами также характеризуется отношением предпочтительности
 $A \succ B$.

Ситуация с персиками характеризуется отношением информированности
 $A = B$.

Она также характеризуется отношением предпочтительности
 $A \approx B$,

где $\approx$ – отношение эквивалентности.

Дж. Акерлоф [3] показал, что информационная асимметрия как исходное состояние на вторичном рынке автомобилей при начальном равенстве «лимонов» и «персиков» (части системы) в системе приводит к процессу «ухудшающего отбора» (негативного процесса в системе). Ухудшающий отбор приводит к оттоку качественного товара и в итоге к застою рынка, то есть к деградации системы (конечное состояние системы).

Как отмечено в работе [3] информационная асимметрия не возникает при статистическом характере продукции или информационной ситуации. Противодействующие стороны в этой ситуации одинаково информированы о свойствах продукции или о состоянии ситуации. При индивидуальном товаре продавец информирован больше, чем покупатель и возникает информационная асимметрия, обусловленная не информированностью противоположной стороны в сравнении первой стороной – продавцом.

Отметим здесь, что понятие информационной ситуации Дж. Акерлоф не применял, что затрудняло его анализ. Информационная ситуация и информационное состояние удобные характеристики для проведения анализа с применением информационных методов. Этим подход данной статьи выгодно отличается от анализа Акерлофа и других авторов. Он помогает формализовать модель информационной асимметрии и информационного преимущества и проводить их объективные оценки. Информационная асимметрия в этой ситуации обусловлена разной информированностью сторон, что создает информационное преимущество одной из сторон.

Проблема царя Соломона заключается в том, что руководитель (A), не являясь высококвалифицированным специалистом в какой-либо области (например, программировании), не в состоянии правильно оценить выполняемую работу таких специалистов ($B1$), ($B2$) и часто принимает неверное решение ($Er Des$) при некомпетентной сравнительной оценке и, как следствие, поощрении работы сотрудников.

Реальная ситуация с квалификацией (интеллектуальным капиталом) двух специалистов $B1$, $B2$ с разной квалификацией характеризуется математическим отношением «больше»

$$B1 > B2.$$

или отношением предпочтительности

$$B1 \succ B2.$$

Эти отношения подчеркивают различие в этой информационной ситуации. В то же время, модельная ситуация с квалификацией специалистов в информационном пространстве руководителя характеризуется отношением информированности

$$B1 = B2.$$

или характеризуется отношением предпочтительности

$$B1 \approx B2.$$

В быту такая оценка информационной или реальной ситуации называется «уравниловка». Считая разных по квалификации специалистов равными, руководитель принимает ошибочное решение по их поощрению и оценке работы.

$$(B1 = B2) \rightarrow Er Des.$$

В этой ситуации начинается процесс, при котором высококвалифицированные специалисты ($B1$) (или недостаточно оцененные по их мнению) стремятся покинуть такую организацию. В такой организации остаются специалисты низкой квалификации ($B2$). Другими словами, ошибки руководства в оценке действий специалистов создают

благоприятную среду для специалистов низкой квалификации и неблагоприятную среду для специалистов высокой квалификации.

Это создает информационное преимущество для другой организации (государства), где эта проблема не существует или выражена в меньшей степени. Для первой организации дополнительно возрастает риск принятия неправильных (не квалифицированных, более трудоемких, неоптимальных) решений, обусловленный снижением квалификации работающих специалистов.

Негативный фактор для такой организации – умышленное вредительство со стороны сотрудников, которые чувствуют себя ущемленными. По данным Агентства национальной безопасности США [10] информационная угроза номер 1 для организации – это умышленный вред со стороны своих сотрудников. Она обусловлена недовольством сотрудников, считающих, что их работа оценена не соответствующим образом. Поэтому для системы (организации) с такой проблемой начинается процесс деградации или ухудшения состояния. Информационная асимметрия в этом случае обусловлена некомпетентностью руководства. Некомпетентность руководства создает информационное преимущество конкурирующей организации.

Проблема «агент-принципал» обусловлена противоречием интересов информационного взаимодействия исполнителя и заказчика, а также некомпетентностью заказчика в оценке сложности и трудозатратах работы исполнителя. Исполнитель заинтересован в выполнении заказа с наименьшими затратами и выполняет работу формально в рамках технического задания. Заказчик, не являясь специалистом, может упустить какие-то особенности, некорректно составить задание на работу и неверно организовать контроль хода работы. В результате такая система (работа) будет выполнена с низким качеством или выполнена как не пригодная к эксплуатации. Имеет место деградация системы.

Внешняя информационная асимметрия может быть связана, например, с разной информированностью двух систем. В этом рассмотрении A и B являются разными системами. Используя нотацию теории предпочтений, можно отразить такую ситуацию между разными системами как

$$A(R_i) \succ B(R_i). \quad (1)$$

Запись (1) интерпретируется так: система A имеет информационное преимущество (предпочтительность) перед системой B по критерию R_i . Другая интерпретация звучит так: между системами A и B имеет место информационное несоответствие по критерию R_i . Такая информационная ситуация может быть рассмотрена как статическая. Критерием R_i может быть:

- разный объем информации одинакового качества;
- разное качество информации в системах A и B ;
- разное качество информационных ресурсов в системах A и B (информация и информационные ресурсы: модели, методы, алгоритмы – не одно и то же);
- разный объем явных знаний в системах A и B ;
- разный интеллектуальный капитал (разное количество квалифицированных специалистов, способных решать поставленные задачи) в системах A и B ;
- разный объем неявных знаний в системах A и B (примером неявного знания может быть накопленный неформализованный опыт. Опытный врач, аналитик, стратег на уровне интуиции может принять более правильное решение, чем неопытный специалист);
- разные возможности трансформации неявных знаний в явные в системах A и B .

На этом примере видно, что отношение предпочтительности является общим в сравнении с математическими отношениями «больше» или «меньше».

Для минимизации риска принятия ошибочного решения, обусловленного не информированностью, вторая сторона вынуждена нести транзакционные издержки на информационное обслуживание (информационный поиск, информационную разведку),

которые, однако, ниже потерь вызванных неправильным принятием решения. Например, для минимизации угроз порчи или потери информации в информационной системе периодически проводят резервное копирование. Резервное копирование прерывает рабочий процесс, но минимизирует возможную угрозу потери всей информации. Такая информационная ситуация ставит дополнительную задачу оптимизации частоты резервного копирования.

Приобретение нового оборудования часто требует специальной подготовки и специальных знаний для его эксплуатации. При этом возникает информационная асимметрия, обусловленная семантическим разрывом [11] между квалификацией потребителя (одна сторона) и требованиями к квалификации для нормальной эксплуатации оборудования (вторая сторона). Возникает риск недостаточной эффективности применения оборудования или его порчи из-за низкой квалификации потребителя. Когнитивный разрыв является характерным примером информационной асимметрии в информационных технологиях.

Для минимизации этого риска потребитель (первая сторона) вынужден нести транзакционные издержки на информационное взаимодействие с посредником, который может работать на таком оборудовании. В альтернативном варианте потребитель должен нести издержки на обучение и подготовку эксплуатации такого оборудования. В данном случае информационная асимметрия имеет вид семантического разрыва.

Эти виды информационной асимметрии создают различие в ситуации или состояниях систем и характеризуют информационное несоответствие, которое можно характеризовать как статическое. Динамическое информационное несоответствие возникает при рассмотрении информационных процессов или переходов между состоянием. Кроме того, надо рассмотреть информационную ситуацию и состояния систем в ней как динамическую модель.

Информационная ситуация может описывать множество систем, являясь по отношению к ним информационной средой. Это дает основание проводить сравнение систем и их состояний в данной информационной ситуации *по их признакам*. Информационная ситуация может содержать в себе множество состояний для разных систем. Это дает основание проводить сравнение систем *по состояниям*, в которых они находятся.

Информационная ситуация системы определяется как набор статических (или динамических) параметров. Информационную ситуацию, в которой находится система A в момент времени t_i можно рассматривать как информационную модель, оцениваемую относительно:

- состояния системы A в предыдущий момент времени t_{i-1} ;
- другой (противоборствующей) системы B на этот же момент времени t_i ;
- цели T , которую стремится достичь система A .

Информационная ситуация может быть сравнительной характеристикой и оцениваться по критериям сравнения R_i , рассмотренным выше. Информационная ситуация может включать множество состояний и аспектов, поэтому необходимо различать понятия «специальная информационная ситуация» системы и «комплексная информационная ситуация» системы.

Модель общей, или комплексной ситуации $IS(Cx)$, рассматривается тогда, когда система должна начать реализовывать своё функциональное назначение и расходовать разные материальные, энергетические и информационные ресурсы. Такая модель включает статику, динамику и прогноз развития ситуации в будущем. Сравнение и анализ информационных ситуаций позволяет выявить и оценить информационное преимущество систем, которые них находятся.

Специальная информационная ситуация определяется доминирующей характеристикой или аспектом рассмотрения, например:

- информационная ситуация по состояниям $IS(St)$;

- информационная ситуация по процессам $IS(Pr)$;
- информационная ситуация по потокам $IS(Fl)$;
- информационная ситуация по ресурсам $IS(Res)$;
- информационная ситуация по достижению цели $IS(T)$.

В аспекте достижения цели некой системой A необходимо различать понятия: «начальное информационное состояние», «текущее информационное состояние» и «целевое информационное состояние», которое должно быть достигнуто для достижения цели или решения задачи. Неравенство «текущего» и «целевого» информационных состояний и означает наличие информационной асимметрии по состояниям.

Важной характеристикой ситуации является информированность системы. Информированность системы A может быть оценена в абсолютной и сравнительной оценке.

Информированность в сравнительной оценке имеет два варианта. При первом сравнивают информированность системы A с информированностью другой системы B и используют отношения «больше», «меньше» или «предпочтительнее». При этом точное значение информационных ресурсов может быть неизвестно, но сравнительная оценка возможна по косвенным признакам. Информированность в относительной оценке можно оценить также при сравнении информационных ресурсов разных систем. Она называется информированность «по объекту сравнения». При этом система сравнивается с другой системой. Такой подход является более оперативным по сравнению с фактическими расчетами имеющихся ресурсов в разных системах.

Второй вариант сравнительной оценки означает сравнение уровня информированности системы с ее же целевым уровнем, который необходим для достижения поставленных целей. Такая информированность называется информированностью «по цели», поскольку характеризует возможность достижения цели. При этом система сравнивается сама с собой.

Информированность в абсолютной оценке означает измерение реального количества и качество информационных ресурсов, которыми обладает система A независимо от других систем. Такая информированность системы A характеризует его информационное состояние. Она называется «ресурсная информированность» поскольку характеризует фактические ресурсы системы.

Сравнительные информационные ситуации. Сравнительные информационные ситуации позволяют осуществлять качественный и количественный анализ для оценки информационного преимущества. Информационные ситуации $IS(P_1, P_2(t))$ разделяют на статические и динамические [12]. Статическая информационная ситуация описывается параметрами, которые не изменяются с течением времени $IS(P_1)$. Динамическая информационная ситуация описывается параметрами, которые изменяются с течением времени и для которых известна зависимость изменения от времени $IS(P_1, P_2(t))$.

Для динамической информационной ситуации состояние системы A в предыдущий момент времени t_{i-1} ; отличается от состояния в текущий момент времени и в будущий момент времени. Различие состояний или ситуаций будет служить характеристикой динамики состояния системы или динамики информационной ситуации.

Рассмотрим две системы. Для обозначения неравенства информационных ресурсов двух систем уместно использовать математический знак «неравенство». Это позволяет создать простое описание отношения систем по информированности.

$$A(I) > B(I); \quad (2)$$

$$A(I) < B(I). \quad (3)$$

Выражения (2) и (3) определяют неравенство между обозначенными A, B – системами по информированности (I). Данные информационные ситуации называются «ситуации отношений систем по информированности».

Выражение (2) интерпретируется следующим образом. Фактическая информированность системы A больше, чем информированность системы B . Выражение (3) ин-

терпретируется с противоположным смыслом. Информированность системы B больше, чем информированность системы A . Выражение (2) говорит об информационном преимуществе системы A над B . Выражение (3) говорит об информационном преимуществе системы B над A .

Определение, информационным преимуществом по информированности называется информационная ситуация отражающая большую информированность одной системы в сравнении с другой.

Если знак неравенства в (2), (3) заменить на знак равенства, то будет иметь место «информационное соответствие» [13] по информированности.

В интерпретации выражений (2) и (3) проводилось сравнение между двумя системами A и B . Если систем не две, а N , то можно провести N парных сравнений и используя методы любой теории сравнения, например теории предпочтений [14], построить систему предпочтительности для N систем и затем ранжировать их по выбранному критерию сравнения. Это определяет возможность сравнения по информированности для любого конечного числа систем.

Если ввести понятие целевого информационного ресурса (целевой информации) I_T , которое обозначает информационные ресурсы, необходимые для достижения цели T , то можно ввести характеристику еще одной информационной ситуации

$$A(I) > T(I); \quad (4)$$

$$B(I) < T(I). \quad (5)$$

Выражение (4) интерпретируется следующим образом. Фактическая информационная ресурсность [15] системы A достаточна для достижения цели. Выражение (5) интерпретируется с противоположным смыслом. Фактическая ресурсность (обеспечение ресурсами) системы B не достаточна для достижения цели. Данная информационная ситуация называется «ситуация по достижению цели». При этом количество систем может быть любым. Если систем N , то можно провести N парных сравнений [16] и построить таблицу систем A , способных достичь цель и тем быстрее чем больше они имеют ресурсов. Выражение (5) позволяет построить таблицу систем B , неспособных достичь цели и оценить какие из них дальше от цели, а какие ближе.

Первый вариант сравнения «по объектам» (2)–(3) позволяет оценить конкурентоспособность систем данной совокупности между собой на рынке или в иной ситуации взаимодействия. Второй вариант сравнения (4)–(5) дает основание принятия решения по возможности достижения цели с имеющимися ресурсами или изменение ситуации для обеспечения ресурсами определенных систем.

Выражения (2), (3), (4), (5) характеризуют статические информационные ситуации. Введем коэффициент целевой информированности K_I как

$$K_I = I_F/I_T, \quad (6)$$

где I_T – количество информации (ресурсов), необходимое для достижения цели;

I_F – количество информации (ресурсов), которым фактически обладает система.

Количеством информации (информационных ресурсов) обозначаем содержательную составляющую, а не информационный объем. Этот коэффициент имеет значение от 0 до 1. Более высокое значение информированности создает информационное преимущество данной системы перед другими в аспекте достижения цели. Коэффициент целевой информированности может служить оценкой информационного преимущества.

Возможна информационная ситуация, при которой к системе поступают информационные потоки (ресурсы) из внешних источников. При этом информационные потоки могут быть разной интенсивности. Такую ситуацию называют потоковой информационной ситуацией. Информационные потоки разной интенсивности и разного качества изменяют информационные состояния систем.

$$F_{S1} \rightarrow I_B \succ F_{S2} \rightarrow I_A. \quad (7)$$

Выражение (7) интерпретируется следующим образом. Информационный поток F_{S1} , направленный к системе B , превосходит информационный поток F_{S2} , направленный к системе A , что создает информационное преимущество (преимущество ресурсного обеспечения) системы B над системой A по информационным потокам (потокам ресурсов).

Определение, информационным преимуществом по информационным потокам называется информационная ситуация, отражающая большую интенсивность информационного потока для одной системы в сравнении с интенсивностью потока для другой системы.

Данная информационная ситуация является процессуальной, поскольку характеризует процесс. Определим относительный коэффициент информационного потока K_{FB} к объекту B как

$$K_{FB} = F_{S1} / (F_{S1} + F_{S2}). \quad (8)$$

Определим относительный коэффициент информационного потока K_{FA} к объекту A как

$$K_{FA} = F_{S2} / (F_{S1} + F_{S2}). \quad (9)$$

Относительные коэффициенты информационного потока K_{FA} и K_{FB} имеют значения от 0 до 1. Если $K_{FA} > K_{FB}$, то имеет место информационное преимущество системы A над системой B . В этом случае имеет место информационное несоответствие между A и B . Следствие, относительные коэффициенты информационного потока позволяют оценивать информационное преимущество системы по поступающим информационным (а также по материальным) потокам.

Особенностью потоковой информационной ситуации, приведенной в выражении (7), является то, что знак предпочтительности может быть заменен знаком эквивалентности. В этом случае будет информационное соответствие [13] между системами A и B по потокам.

Частным случаем информационного преимущества по потокам является ситуация, связанная с взаимным информационным обменом между двумя системами. Она возникает при наличии взаимных разнонаправленных информационных потоков. Потоки выполняют пассивную роль информирования систем. Моделью информационного обмена, помимо естественного обмена, может быть взаимная информационная разведка, когда каждая сторона обеспечивает интенсивность входящего информационного потока. Информационный обмен изменяет количество информационных ресурсов систем и также может создавать информационное преимущество по обмену информацией.

$$F_A: I_A \rightarrow I_B > F_B: I_B \rightarrow I_A. \quad (10)$$

Выражение (10) интерпретируется следующим образом. Информационный поток F_A , по направлению от A к B , превосходит информационный поток F_B по направлению от B к A , что приводит к информационному преимуществу по обмену информацией. Определим коэффициент информационного обмена KA_{EXC} от источника A к источнику B как

$$KA_{EXC} = F_A / (F_B + F_A). \quad (11)$$

В противоположную сторону

$$KB_{EXC} = F_B / (F_B + F_A). \quad (12)$$

Здесь F_A – интенсивность потока от A к B , F_B – интенсивность потока от B к A . Коэффициенты KA_{EXC} и KB_{EXC} можно сравнивать между собой. Они нормированы от 0 до 1. Если $KA_{EXC} > KB_{EXC}$, то имеет место информационное преимущество системы A над системой B .

Потоковая информационная ситуация меняет информированность систем и может

привести к информационной асимметрии. В то же время, не всякая информационная потоковая ситуация приводит к информационной асимметрии. Это зависит от фактического уровня информированности, определяемого выражениями (2) и (3). Например, при наличии семантического разрыва [11], направление потока может либо уменьшать, либо увеличивать семантический разрыв. Следовательно, информационная потоковая ситуация может служить средством уменьшения информационного превосходства по информированию. Именно такая информация происходит в образовании, где информационный поток учебной информации уменьшает информационную асимметрию учащегося при сравнении его знания с целями обучения.

Возможно информационное преимущество, которое возникает в ходе информационного взаимодействия [17]. Взаимодействие в отличие от обмена информацией является активным процессом [18]. Обмен информацией меняет информированность систем и меняет их информационное состояние, а также материальное состояние. Примером информационного взаимодействия может служить взаимный артиллерийский обстрел позиций двух противников. Взаимодействие воздействует на общее состояние каждой системы и может его менять. Ситуация информационного взаимодействия характеризуется потоками, которые направлены на изменение общего состояния системы.

$$Int_A: I_A \rightarrow I_B > Int_B: I_B \rightarrow I_A. \quad (13)$$

Выражение (13) интерпретируется следующим образом. Информационное воздействие Int_A системы A , превосходит информационное воздействие Int_B системы B , что создает информационное преимущество. Эта информационная ситуация является процессуальной, поскольку характеризует процесс. Однако данная информационная ситуация может быть сбалансированной. В этом случае говорят об информационной согласованности или информационном соответствии систем A и B [13]. Определим коэффициент информационного взаимодействия K_{INT} от источника A к источнику B как

$$KA_{INT} = Int_A / (Int_A + Int_B). \quad (14)$$

Частным случаем выражения (13) является ситуация, когда B обозначает целевое состояние, а Int_B интенсивность воздействия, необходимую для достижения цели. В этом случае будем иметь две возможных ситуации:

$$Int_A: I_A \rightarrow I_B \geq Int_B:; \quad (15)$$

$$Int_A: I_A \rightarrow I_B < Int_B: . \quad (16)$$

Выражение (15) так: информационное воздействие (управляющее воздействие) Int_A системы A , достаточно для достижения цели B .

Выражение (16) интерпретируется следующим образом. Информационное воздействие (управляющее воздействие) Int_A системы A , недостаточно для достижения цели B .

Возможна ситуация информационного воздействия, при которой разные объекты независимо воздействуют на A и B . Такая ситуация называется «информационная ситуация независимых воздействий». Аналитическая модель информационной ситуации при внешних воздействиях (ExA , ExB) на объекты с целью изменения их состояний, имеет следующий вид.

$$ExB_1 \rightarrow I_B > ExA_2 \rightarrow I_A. \quad (17)$$

Выражение (17) интерпретируется так: внешнее информационное воздействие ExA_1 на объект B создает его информированность I_B и превосходит внешнее информационное воздействие ExA_2 на объект A , которое создает информированность I_A . Это создает информационное преимущество системы B над системой A . Такая информационная ситуация является процессуальной, поскольку обусловлена процессом. Выражение (17) может сигнализировать о том, что ресурсное обеспечение системы B превосходит ресурсное обеспечение системы A .

Определим коэффициент относительного информационного воздействия KA_A на объект A как

$$KA_A = ExA_2 / (ExA_2 + ExA_1). \quad (18)$$

Определим коэффициент относительного информационного воздействия KB_A на объект B как

$$KB_A = ExA_1 / (ExA_2 + ExA_1). \quad (19)$$

Сравнение KA_A и KB_A также позволяет оценивать информационное преимущество.

Возможна информационная ситуация, которая возникает в ходе ситуационного анализа [19]. Пусть объект A находится в ситуации IS_1 , которая характеризуется набором параметров P_1 . Объект B находится в ситуации IS_2 , которая характеризуется набором параметров P_2 . Используя теорию предпочтений [20] или другой критерий (метод анализа иерархий) [21] можно прийти к выводу, что P_1 предпочтительнее P_2 :

$$P_1 \succ P_2. \quad (20)$$

Выражение (20) говорит о предпочтительности IS_1 перед IS_2 , что влечет наличие информационного превосходства в ситуациях между A и B по параметрам ситуации. Такая информационная ситуация предпочтительности сигнализирует о том, что объект A является более конкурентоспособным в сравнении с объектом B . Если считать B целью, которую должен достичь объект A , то выражение (20) говорит о том, что объект A находится в ситуации, позволяющей достичь цель B . При замене направления предпочтительности в выражении (20) на противоположное, возможна иная интерпретация выражения (20). Объект A находится в ситуации, которая не позволяет достичь цели B .

Информационные методы решения проблемы «агент принципал». Исследование проблемы «агент принципал» осуществляется достаточно давно [22, 23]. Разработан ряд подходов к решению этой проблемы. Холмстром и Милгром [24] предложили четыре принципа, минимизирующие риски, возникающие при этой проблеме. Эти принципы включают: принцип информативности, принцип интенсивной стимуляции, принцип мониторинга интенсивности деятельности агента, принцип эквивалентной компенсации.

Принцип информативности в переводе на язык информатики и информационного управления можно интерпретировать как «принцип качественной информированности». По Холмстрому [24] мерой производительности агента является получение и предоставление принципалу информации необходимого качества для принятия решений. Это условие должно быть включено в договор компенсации. Данное условие включает в себя, например, относительную оценку эффективности деятельности агента по отношению к другим, подобным агентам. Относительная или интегральная оценка деятельности агента уменьшает случайные факторы его действий. При удалении экзогенных источников случайности работы агента, возникает возможность большей ответственности агента за результат работы и, главное, возрастет его ответственность за возникновение риска из-за некачественной информации. Это стимулирует агента к получению для принципала качественной информации.

Принцип интенсивной стимуляции утверждает, что оптимальная интенсивность деятельности агента зависит от четырех факторов: инкрементная прибыль за счет дополнительных действий, точность, с которой мероприятия оцениваются, толерантность агента к риску и реакция агента на стимулирование его деятельности.

Принцип мониторинга интенсивности деятельности агента является дополнением ко второму принципу. Он включает мониторинг ситуаций, в которых оптимальным является интенсивность стимулов действий агента. На основе такого мониторинга производится оценка стимулирующих факторов действий агента. Работодатели могут выбирать из «меню» факторы, обеспечивающие эффективность стимулирования дей-

ствий агента. Такой мониторинг является средством сокращения неэффективных действий агента и ведет к уменьшению рисков ситуаций.

Последний принцип эквивалентной компенсации достаточно прост и объективен. Но он сложен в реализации, поскольку в свою очередь создает информационную асимметрию, которую называют «проблемой царя Соломона» [3]. Эта проблема состоит в том, что исполнитель лучше знает свою работу, чем работодатель. Поэтому работодатель часто не в состоянии оценить адекватно работу исполнителя и особенно сравнить работу двух исполнителей.

Этот принцип утверждает, что деятельность агента должна быть эквивалентно оценена с точки зрения компенсации его затрат. При этом необходимо принимать во внимание как финансовые затраты и их компенсацию, так и нефинансовые компенсации, такие как моральные поощрения. Другими словами должны включаться социальные факторы оценки и поощрения деятельности агента. Возможны и неверные варианты такого принципа. Например, если преподаватель вознаграждается за результаты тестов студентов, то методика обучения может быть направлена на успешную сдачу тестов, а не на получение профессиональных знаний. Такая политика в результате снижает качество образования и увеличивает риск выпуска некомпетентных специалистов.

В целом совокупность этих принципов приводит к использованию информационного анализа и информационных моделей, таких как модель информационной ситуации [25], управление с выбором цели [26] и другие.

Адаптивный метод минимизации риска ошибочного принятия решений

При наличии сложности в условиях решения часто применяют поэтапное решение с проверкой решения по каждому этапу. Это сводит риски (ущерб) всего решения на уровень этапа решения. Поэтапный последовательный метод проектирования или получения решения называют каскадным. Он часто применяется при создании проектов и при оценке жизненного цикла проекта или продукта [27].

При получении решения сущность метода состоит в переходе от сквозного решения к поэтапному (инкрементному) решению. На рисунке 1 показана структура инкрементного метода принятия решений, минимизирующая риски ошибок. Минимизация рисков осуществляется за счет разбиения общего решения на этапы и введения контроля на каждом этапе за результатом промежуточного решения. На рисунке 1 условно приведены три этапа. Однако их количество определяется сложностью [15, 28] принимаемого решения и может быть более трех.

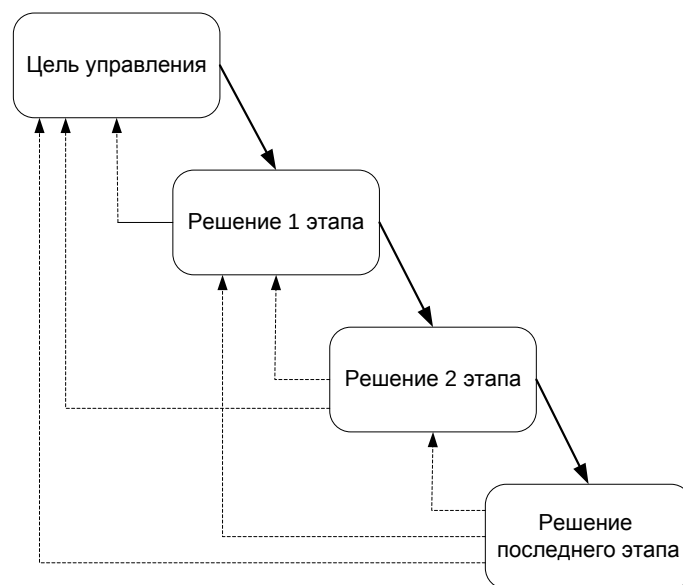


Рисунок 1 – Каскадный метод принятия решений

Сплошными линиями показаны информационные потоки, отражающие прямые решения. Пунктирными линиями показаны информационные потоки обратных связей,

вносящие коррекцию в принимаемые решения. Пунктирные линии создают потоки транзакционных издержек. Этот механизм работает циклично на каждом этапе принятия решений. Отсюда, чем больше этапов, тем больше циклов анализа решения и тем больше транзакционные издержки.

Информационная асимметрия создает неопределенность в принятии решений. Поэтому информационные потоки обратных связей выполняют функции информирования и информационного воздействия на первоначальные этапы принятия решения. Это уменьшает информационную асимметрию, существующую при первоначальном принятии решения.

Если информация, получаемая по информационным потокам обратных связей, не требует корректировки принимаемых решений, процесс принятия решений переходит к следующему этапу. Если информация, получаемая по информационным потокам обратных связей, требует корректировки принимаемых решений, процесс принятия решений возвращается к исходному этапу и в первоначальное решение вносится коррекция. Такой циклический процесс повторяется до снижения риска до приемлемого уровня и принятия решения с минимальным риском.

Заключение. Информационное преимущество является важным фактором успешных действий и основанием для правильных решений. Если заменить термин информации в статье на термин ресурсы, то информационное преимущество можно оценивать и в этих случаях по разным аспектам. Информационное преимущество может принимать разные формы: по состояниям систем, по ресурсной обеспеченности, по информационным потокам, по информационным ситуациям, по процессам информирования и взаимодействия, по возможности достижения цели и т.д. Наиболее характерным признаком информационного преимущества является информационная асимметрия. Информационная асимметрия как фактор риска постоянно появляется в новых формах, что требует совершенствования механизмов ее обнаружения и уменьшения рисков, обусловленных асимметрией. Этим снижается эффективность взаимодействий, и тормозятся информационные процессы. Основные принципы уменьшения информационной асимметрии: информирование и информационное взаимодействие, принимающие разные формы. Современная проблема минимизации рисков информационной асимметрии связана с большим количеством экспертного оценивания связанного как с четырьмя принципами, описанными Холмстром и Милгром [25], так и с традиционным отставанием руководителей в оценке деятельности своих сотрудников. Как ответная реакция это порождает антагонизм сотрудников и создает информационную асимметрию как результат неправильно принятия решений. Каскадный метод позволяет ее устранять, но при большом числе этапов существенно возрастают транзакционные издержки. Поэтому данное направление остается открытым для дальнейших исследований.

Литература

1. *Dunk A. S.* The effect of budget emphasis and information asymmetry on the relation between budgetary participation and slack // *Accounting review*. 1993. P. 400–410.
2. *Aboody D., Lev B.* Information asymmetry, R&D, and insider gains // *The journal of Finance*. 2000. T. 55. № 6. P. 2747–2766.
3. *Akerlof George A.* The Market for 'Lemons': Quality Uncertainty and the Market Mechanism // *Quarterly Journal of Economics* (The MIT Press). 1970. Vol. 84. № 3. P. 488–500.
4. *Tsvetkov V.Ya.* Information Asymmetry as a Risk Factor // *European Researcher*. 2014. Vol. 86. № 11-1. P. 1937–1943. DOI: 10.13187/er.2014.86.1937
5. *Льюс Р.Д., Райфа Х.* Игры и решения. М.: ИЛ, 1961.
6. *Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Цветков В.Я.* Терминологические отношения // *Фундаментальные исследования*. 2009. № 5. С.146–148.
7. *Tsvetkov V.Y.* Information field (2014), *Life Science Journal*. Vol. 11. № 5. Art. no. 83. P. 551–554.

8. Tsvetkov V.Y. Dichotomous systemic analysis (2014), Life Science Journal. Vol. 11. № 6. P. 586–590.
9. Tsvetkov V. Ya. Opposition Variables as a Tool of Qualitative Analysis // World Applied Sciences Journal. 2014. Vol. 30. № 11. P. 1703–1706.
10. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Информационная безопасность в геоинформатике. М.: МаксПресс, 2004. 336 с.
11. Tsvetkov V. Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European Researcher. 2013. Vol. 45. № 4-1. P. 782–786.
12. Цветков В.Я., Шорыгин С.М. Динамическая информационная ситуация преодоления противоракетной обороны // Вестник МГТУ МИРЭА. 2014. № 3 (4). С. 85–100.
13. Mikkelsen G., Aasly J. Concordance of information in parallel electronic and paper based patient records // International journal of medical informatics. 2001. Vol. 63. № 3. P. 123–131.
14. Tsvetkov V. Ya. Not Transitive Method Preferences // Journal of International Network Center for Fundamental and Applied Research. 2015. Vol. 3. Is. 1. P. 34–42. DOI: 10.13187/jincfar.2015.3.34
15. Ожерельева Т.А. Сложность информационных ресурсов // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4. С. 80–85.
16. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981.
17. Shedroff N. Information interaction design: A unified field theory of design // Information design. 1999. P. 267–292.
18. Tsvetkov V. Ya. Information interaction // European Researcher. 2013. Vol. 62. № 11-1. P. 2573–2577.
19. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.
20. Цветков В.Я. Основы теории предпочтений. М.: МаксПресс, 2004. 48 с.
21. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process International journal of services sciences. 2008. № 1. P. 83–98.
22. Grossman S. J., Hart O. D. An analysis of the principal-agent problem // Econometrica: Journal of the Econometric Society. 1983. P. 7–45.
23. Cvitanic J., Zhang J. Principal-Agent Problem // Contract Theory in Continuous-Time Models. Springer Berlin Heidelberg, 2013. P. 3–6.
24. Holmstrom B., Milgrom P. Multitask principal-agent analyses: Incentive contracts, asset ownership, and job design // Journal of Law, Economics, & Organization. 1991. P. 24–52.
25. Tsvetkov V.Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher. 2012. Vol. 36. № 12-1. P. 2166–2170.
26. Tsvetkov V.Ya. Multipurpose Management // European Journal of Economic Studies. 2012. Vol. 2. № 2. P. 140–143.
27. Wen Y. M., Lu B. L. A cascade method for reducing training time and the number of support vectors // Advances in Neural Networks–ISNN. 2004. Springer Berlin Heidelberg. 2004. P. 480–486.
28. Tsvetkov V.Ya. Complexity Index // European Journal of Technology and Design. 2013. Vol. 1. № 1. P. 64–69.

Methods of estimating the benefits of information

Viktor Yakovlevich Tsvetkov, Professor, Doctor of Technical Sciences, Center fundamental and advanced research, the deputy head, Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport, JSC NIIAS – HEAD OFFICE

The article describes the characteristics of the new information – information advantage. This article describes the methods of analysis of information advantage. The article reveals the contents of the new concepts. This article contains analytical expressions that allow for evaluation under fuzzy and semistructured information. The proposed methods allow to simulate real situations of competition.

Keywords: management, decision making, risk, information, information asymmetry, information advantage, communication, risk minimization

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В КАДАСТРЕ

Станислава Игоревна Васютинская, канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и предпринимательства, факультет экономики и управления территориями,

E-mail: vassioutinskaya@rambler.ru,

Московский государственный университет геодезии и картографии,

<http://www.miigaik.ru>

Статья анализирует пространственные отношения как специфический пространственный и экономический фактор. Показана роль геоинформатики в выявлении и описании пространственных отношений; особенности применения пространственных отношений в кадастре. Рассмотрен пример и приведена формализация пространственных отношений. Показано, что формализация пространственных отношений способствует автоматизированной и интеллектуальной обработке кадастровой информации.

Ключевые слова: прикладная геоинформатика, кадастр, пространственные отношения, информационные модели, иерархические отношения

Введение. Научное направление геоинформатика широко применяется в разных



С.И. Васютинская

прикладных областях. Кадастр является одним из важных приложений прикладной геоинформатики. Геоинформатика развивает ряд специфических направлений и изучает ряд специфических факторов, которые в других научных направлениях либо не изучаются, либо изучаются слабо, поскольку инструментарий других наук не имеет такого набора теоретических и технологических средств. Не перечисляя все, отметим следующие направления: геомаркетинг, геостатистика, спутниковая навигация, мультимасштабные базы данных [1], виртуальное обучение наукам о Земле [2], геоинформационный глобальный мониторинг [3], базы геоданных, инфраструктура пространственных данных [4] и др. Среди специфических факторов следует отметить: геоданные [5, 6], геореференцию [7], пространственные отношения [8, 9], геостатистические модели [10], цифровые модели местности [11], пространственные модели [12] и др.

Пространственные отношения. Остановимся на пространственных отношениях, которые давно применяются не только в геоинформатике и кадастре, но и в региональной и пространственной экономике [13, 14]. Пространственные отношения исследуются в области искусственного интеллекта [15] и в геоинформатике [8, 9, 16]. Эта связь развивается в статье Энтони Гэлтона [17].

Пространственные отношения включают отношения пространственных моделей [12] и пространственных отношений между моделями и реальными объектами. Пространственные отношения в реальном мире тесно связаны с экономическими [14, 16] и служат основой для экономических расчетов и установления прав на объекты недвижимости и земельные участки.

На практике пространственные отношения выражаются в четырех формах: иерархические, топологические, геореференционные [7] и геостатистические.

Самым распространенным типом пространственных отношений при изучении пространственных объектов является иерархический тип, описывающий отношения между элементами, множествами и частями объектов. Иерархические отношения образуют древовидную структуру. К ним относятся отношения, которые обозначают [18]: ISA, АКО.

Особенности пространственных отношений в кадастре. Иерархические пространственные отношения наиболее ярко проявляются в кадастре. В этой сфере

имеет место четкая иерархия кадастровых объектов, которая используется на рынке недвижимости, при управлении землепользованием, в государственном управлении при учете природных и земельных ресурсов. В работе [19] приведены подробные описания пространственных отношений и таблицы, одна из которых приведена ниже (таблица 1). Для характеристик таблицы 1 применяется следующий синтаксис.

$$R_1, SRel R_2$$

где *SRel* – идентификатор пространственного отношения;

R_1 – первый объект отношения (первый коррелят);

R_2 – второй объект отношения (второй коррелят).

Элементы отношения могут быть коррелятами и могут не быть ими. В этой таблице отношения ($R_1, ANC R_2$) и ($R_1, AC R_2$) показывают отсутствие или наличие связи между объектами R_1, R_2 .

Отношение классификации *ISA* происходит от английского «*is a*». Говорят, что множество (класс) классифицирует свои экземпляры (например, «улица есть часть городской территории»). Иногда это отношение именуют «*member of*». По-русски это может называться «есть» (единственное число) или «суть» (множественное число). Связь *ISA* предполагает, что *свойства объекта наследуются от множества*.

Таблица 2

Основные пространственные отношения

Отношения	Обозначение	Значение
Отношение отсутствия связи	$R_1, ANC R_2$	R_1 and R_2 are not connected. R_1 и R_2 не связаны.
Отношение связи	$R_1, AC R_2$	R_1 and R_2 are connected. R_1 и R_2 связаны.
Иерархическое отношение классификации «есть часть», «один ко многим» множество (класс) классифицирует свои экземпляры	$R_1, ISA R_2$	R_1 is part of R_2 . <i>свойства объекта (экземпляра) R_1 наследуются от множества (класса) R_2</i>
Иерархическое отношение агрегации «есть экземпляр» «один ко многим»	$R_1, EXO R_2$	R_1 example of R_2 Объект R_1 есть экземпляр объекта R_2 R_1 есть элемент системы R_2
Иерархическое отношение классификации «есть часть», «много к многим» Подмножество есть часть множества	$R_1, AKO R_2$	R_1 a kind of R_2 . Подмножество R_1 есть часть множества R_2 свойства подмножества R_1 наследуются от множества R_2
Иерархическое отношение агрегации, «отношение меронимии» – отношение целого к части	$R_1, HPA R_2$	R_1 has part R_2 R_1 имеет в качестве части R_2
Иерархическое отношение агрегации, «отношение холонимии» – отношение части к целому	$R_1, IPA R_2$	R_1 is a part R_2 R_1 является частью R_2

Для иллюстрации пространственных отношений в кадастре воспользуемся фрагментом плана на рисунке 1. На нем изображен кадастровый квартал (ККв) с условным номером 77:09:06035. Границы кадастрового квартала показаны полужирным пунктиром. Границы земельных участков в данном квартале показаны обычным пунктиром. Объекты недвижимости выделены сплошными линиями.

Земельные участки пронумерованы трехразрядным кодом курсивом. Площадь между земельными участками – земли коллективного пользования.

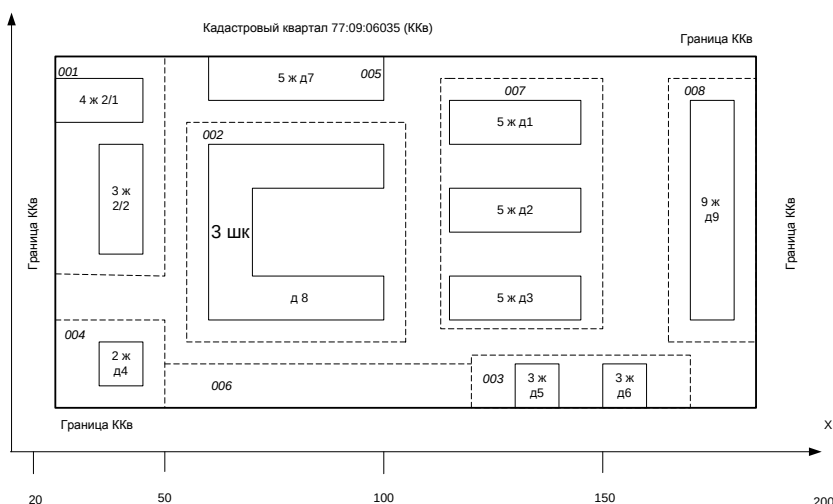


Рисунок 1– Общий план кадастрового квартала

Кадастровый квартал содержит земельные участки (ЗУ) и объекты недвижимости (ОН). Для объекта недвижимости (д7) показана встречающаяся в городах ситуация, когда земельный участок (005) совпадает с площадью объекта недвижимости (д7). Остальные объекты недвижимости имеют земельные участки, превосходящие по площади объекты недвижимости.

Земельные участки образуют множество земельных участков кадастрового квартала, то есть ЗУ ККв. Объекты недвижимости образуют множество объектов недвижимости кадастрового квартала, то есть ОН ККв.

Пример отношения ISA

ЗУ002, ISA ЗУ ККв 77:09:06035.

ОН 3шк, ISA ОН ККв 77:09:06035.

Обратное отношение – «example of» или «пример». Поэтому процесс порождения элементов из множества называется экземплярцией.

Отношение между множеством и подмножеством АКО происходит от английского «*a kind of*», например, «городские районы есть подмножество городской территории». Отличие АКО от отношения ISA заключается в том, что ISA – отношение «один ко многим», а АКО отношение – «много к многим».

Пример отношения АКО

S(ЗУ002), АКО S(ККв 77:09:06035). (1)

S(ОНд7), АКО S(ККв 77:09:06035). (2)

Выражение (1) интерпретируется так: площадь земельного участка 002 есть подмножество площади кадастрового квартала 77:09:06035.

Выражение (2) интерпретируется так: площадь объекта недвижимости д7 есть подмножество площади кадастрового квартала 77:09:06035.

Применяя иерархические типы отношений, следует различать, какие объекты являются классами, а какие – экземплярами классов. При этом вовсе не обязательно одно и то же понятие будет классом или экземпляром во всех предметных областях. Например, «студент» всегда будет классом в базах знаний типа «студенческая группа» или «вуз», но может быть экземпляром класса учащихся. Наличие отношения классификации еще не говорит о существовании системы классификации, а только служит основой для нее. Исключение составляют те случаи, когда классификация уже создана.

Кадастровый объект можно рассматривать как сложную систему, которая состоит из нескольких частей или элементов. Например, город включает улицы, площади, дома, объекты инфраструктуры, инженерные сооружения и т.д. Это определяет еще один тип отношения – Отношение целого и части.

Отношение меронимии – отношение целого к части («*has part*»). Мероним – объект, включающий другого объекта как часть. «Город включает городские районы. Городская территория включает улицы».

Пример отношения *НРА*

ККв 77:09:06035, *НРА ОН Зшк*; (3)

ККв 77:09:06035, *НРА ЗУ 001*. (4).

Выражение (3) интерпретируется так: кадастровый квартал 77:09:06035 имеет своей частью (содержит) объект недвижимости *ОН Зшк* или *ОН д8*.

Выражение (4) интерпретируется так: кадастровый квартал 77:09:06035 имеет своей частью (содержит) земельный участок 001.

Отношение холонимии – отношение части к целому («*is a part*»). «Улица часть городской территории». Улица – холоним для городской территории. Городская территория – мероним для улицы.

Пример отношения *IPA*

ОН Зшк, IPA. ККв 77:09:06035; (5)

ЗУ 004, IPA. ККв 77:09:06035; (6)

ОН д9, IPA. ОН ККв 77:09:06035; (7)

ЗУ 007, IPA. ЗУ ККв 77:09:06035. (8)

Выражение (5) интерпретируется так: объект недвижимости *ОН Зшк* есть часть кадастрового квартала 77:09:06035.

Выражение (6) интерпретируется так: земельный участок *ОЗУ004* есть часть кадастрового квартала 77:09:06035.

Выражение (7) интерпретируется так: объект недвижимости *ОН д9* есть часть объектов недвижимости кадастрового квартала ОН ККв 77:09:06035.

Выражение (8) интерпретируется так: земельный участок *ОЗУ007* есть часть земельных участков кадастрового квартала ЗУ ККв 77:09:06035.

Геореференционные отношения [20, 21] представляют собой специфический инструмент пространственного поиска, получения знаний и как результат инструмент поддержки принятия решений. Геореференция отражает связи между пространственно локализованными объектами и информацией об этих объектах. В сферу геореференции входят, в частности, зависимости между любой информацией (например, документами, картами, изображениями, биографической информацией) и географической локализацией с помощью местонаименований [22], кодов места (например, почтовые коды), координат и других методов, описывающих пространственные связи и отношения. Существуют специальные справочники географических названий и так называемые газеттиры [20], которые отражают отношение геореференций.

Геостатистические пространственные отношения – отношения выявляемые методами геостатистики [23]. Развитием и применением методов геостатистики занимаются: экологи, инженеры-нефтяники, гидрологи, почвоведы, геологи [24], а также статистики.

В теоретическом плане геостатистику можно рассматривать как методологию для интерполяции пространственно локализованных данных на нерегулярной сетке [25]. Ряд методов интерполяции и обработки таких данных были хорошо известны, когда геостатистику стали применять. Например, метод обратного взвешивания и анализа, алгоритм (метод) ближайшего соседа и др.

Геостатистика концентрируется, прежде всего, на пространственных данных. То есть, каждое значение исследуемых данных связано с локализацией в пространстве. Существует, по крайней мере, одна связь (одномерная связь) между расположением и значением данных.

Локализация в геостатистике имеет, по крайней мере два значения, одно – это просто положение точки в пространстве (которое существует только в абстрактном

математическом смысле), второе – площадь или объем в пространстве. Геостатистические отношения – это отношения между геостатистической локализацией и значением некоего параметра в пространстве. Для данной точки пространства это может быть концентрация вредных веществ, содержание металла в руде, стоимость недвижимости [26] и так далее. Но значение этих величин зависят от пространственных координат. Например, значение локализованных данных, связанных с областью может быть среднее значение наблюдаемой величины, среднее значение на площадь области, значение на объем области. В последнем случае площадь или объем часто называют «поддержкой» данных. Это тесно связано с идеей поддержки измерений.

Заключение. Пространственные отношения определяются на основе получения геоинформации и формирования геоданных. Геоинформация и геоданные являются основой анализа пространственных отношений. Поэтому есть все основания использовать эти факторы для решения логистических задач. Геоданные, цифровые модели и карты являются универсальным средством моделирования разных процессов, позволяют решать многие прикладные задачи в экономике и экономической географии. Пространственные отношения являются важным фактором, который позволяет решать по новому известные задачи и создают условия для решения новых задач. Формализованное описание пространственных отношений позволяет автоматизировать такие работы в области кадастра и применять интеллектуальные технологии для обработки кадастровой информации.

Литература

1. Цветков В.Я., Железняков В.А. Мультимасштабная электронная карта как основа системы учёта земель // Государственный советник. 2014. № 1. С. 28–37.
2. Майоров А.А. и др. Виртуальное обучение при повышении квалификации специалистов / А.А. Майоров, А.О. Куприянов, Ф.В. Шкуров, С.А. Атаманов, С.А. Григорьев, С.С. Дубов // Управление образованием: теория и практика. 2013. № 2. С. 102–111.
3. Маркелов В.М., Цветков В.Я. Геомониторинг // Славянский форум. 2015. № 2(8). С. 177–184.
4. Матчин В.Т. Состояние и развитие инфраструктуры пространственных данных // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. № 1(9). С. 137–144.
5. Матчин В.Т. Формирование геоданных // Славянский форум. 2015. № 2(8). С. 185–193.
6. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829. DOI: 10.7868/S0869587314090278.
7. Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information // Digital Libraries and Electronic Publishing. 2006. 272 p.
8. Цветков В.Я. Пространственные отношения в геоинформатике // Науки о Земле. 2012. Вып. № 1. С. 59–61.
9. Цветков В.Я. Виды пространственных отношений // Успехи современного естествознания. 2013. № 5. С. 138–140.
10. Зайцева О.В. Геостатистический анализ в образовании // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. № 1(9). С. 132–137.
11. Рувинов И.Р. Применение цифровых моделей в материально техническом обеспечении // Науки о Земле. 2013. № 1. С. 18–23.
12. Tsvetkov V.Ya. Spatial Information Models // European Researcher. 2013. Vol.(60). № 10-1. P. 2386–2392.
13. Spatial Economics Edited by Masahisa Fujita, President, Research Institute of Economy, Trade and Industry, Professor, Konan University and Professor, Kyoto University, Japan, 2005. 904 pp.
14. Романов И.А. Состояние пространственной экономики // Славянский форум. 2013. 1(3). С. 110–115.
15. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge (1978) // Cognitive Science. № 2. P. 129–153.
16. Цветков В.Я. О пространственных и экономических отношениях // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 3. С. 115–117.
17. Antony Galton. Spatial and temporal knowledge representation // Earth Science Informatics. September. 2009. Vol. 2. Issue 3. Pp. 169–187.
18. Цветков В.Я. Логика в науке и методы доказательств // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany. 2012. 84 с.
19. Кулагин В.П., Цветков В.Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии. 2013. № 12. С. 2–9.

20. Moritz T. Geo-referencing the natural and cultural world, past and present: Towards building a distributed, peer-reviewed gazetteer system // Digital Gazetteer Information Exchange Workshop. Smithsonian Institute. October 12–14. 1999.

21. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 3. С. 87–89.

22. Paul Getty Trust Getty Thesaurus of Geographic Names Online: Place Type Looking. 2004. URL: http://www.getty.edu/research/conducting_research/vocabularies/tgn/

23. Кужелев П.Д. О применении геостатистики в науках о Земле // Науки о Земле. 2012. № 4. С. 77–81.

24. Rendu J.-M. An introduction to geostatistical methods of mineral evaluation. Technical Report. South African Institute of Mining and Metallurgy. Johannesburg, 1981.

25. Pichler G. Computer-Programme der Geostatistik. Master's Thesis. Institut für Statistik. Technische Universität, Graz, Austria, 1982.

26. Майоров А.А., Матерухин А.В. Геоинформационный подход к задаче разработки инструментальных средств массовой оценки недвижимости // Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. № 4. С. 92–97.

Spatial relations in inventories

Vasyutinskaya Stanislava Igorevna, PhD, Associate Professor, Department of Economics and Business. Faculty of Economics and management of territories, Moscow State University of Geodesy and Cartography

The article analyzes the spatial relationship as the spatial and economic factors. The article shows the role of Geoinformatics to identify and describe spatial relationships. This article describes the features of the application of spatial relations in the inventory. This article describes an example of formalization of spatial relations. The article shows that the formalization of spatial relationships helps automate and intelligent processing of inventory information

Keywords: applied geoinformatics, cadastre, spatial relationships, information models, hierarchical relationships

УДК 004.041

БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ В ФОТОГРАММЕТРИИ И ГЕОДЕЗИИ

Андрей Иванович Павлов, канд. техн. наук, доцент, научный сотрудник
экспериментально-технологического отделения № 28,

E-mail: andpavlov.51@mail.ru,

НИИ оснований и подземных сооружений ОАО «НИЦ «Строительство»

Раскрывается проблема «больших данных» в фотограмметрии и геодезии. Статья описывает причины и факторы, которые ведут к появлению больших данных. Дается сравнение больших данных и обычных данных. Показано, что проблема больших данных состоит не только в больших объемах данных, но и нечеткости информации, сложности информационных моделей и требовании оперативной обработки. Дается анализ инструментария, применяемого при обработке больших данных.

Ключевые слова: данные, большие данные, сложность, методы обработки, фотограмметрия, геодезия, информационные технологии

Введение. Проблема «больших данных» (BigData) [1–4] в явной форме обсуждается в последние 7–8 лет. Ее связывают, в первую очередь, с большими объемами данных. К ней присовокупляют еще ряд факторов, таких как необходимость обработки слабо структурированных и неструктурированных данных больших объемов. Формально, появление термина отмечают 2008 годом, с работами Клиффорда Линча – редактора журнала Nature [5]. Однако это лишь признание данной проблемы в широких слоях общества.

Проблема, обозначаемая как большие данные, отмечена в 1987 году академиком В.М. Глушковым как «информационный барьер» [6]. С этой проблемой впервые столкну-

лись специалисты в области дистанционного зондирования Земли более 50 лет назад [7, 8]. Тогда она была узкоспециальной. Но в явной форме эта проблема открылась лишь в последние годы для бизнес-аналитиков и журналистов, что и привело к их повышенному вниманию к этому явлению и появлению соответствующего термина.



А.И. Павлов

Однако, бросая взгляд в историю человечества, можно констатировать, что данная проблема является условной. Она отражает невозможность на определенном этапе развития обрабатывать большие объемы или сложные данные существующими теоретическими и технологическими средствами [4]. На протяжении развития человечество получает информацию в информационном поле [9]. Глубина поиска в этом поле определяется инструментариями и теорией. По мере проникно-

вения в это поле возникают ситуации, когда теории не хватает для описания и для обработки новых данных.

При этом надо констатировать, что процесс накопления знаний включает накопление явных и неявных знаний. В последующем неявные знания также трансформируются в явные знания. По мере накопления данных и опыта происходит формирование накопление явных и неявных знаний, а также совокупности описаний объектов, явлений и процессов.

Процесс извлечения информации и данных всегда включал два этапа: первичный и вторичный. Первичное описание включает измерения и получения данных как таковых. Оно включает формирование количественных и качественных свойств, характеристик объектов. Вторичная обработка детализирует и уточняет описание и включает формирование моделей, признаков и отношений между ними. Это описание представляет собой информационные ситуации, в которых находятся объекты исследования. Чем сложнее ситуация и объект исследования, тем большего количества формальных параметров и отношений между ними требует его описание. Это влечет рост объемов и сложности информационных конструкций, описывающих такие объекты и ситуации.

Рост объемов собираемой информации и требование ее обработки и хранения делают актуальным исследования в области методов и алгоритмов анализа больших и сверхбольших наборов данных. В работе [10] предполагается, что выявление закономерностей в больших массивах данных становится также инструментом исследования и получения новых знаний. Рост объемов данных характерен как для IT-компаний, так и для научной сферы [11]. Рост объемов данных и появление больших данных имеет место в самых различных областях [12]. Поскольку проблема больших данных первоначально появилась в Науках о Земле, то она не исчезла и теперь. Это определяет актуальность исследования этой проблемы в геодезии и фотограмметрии как характерных направлениях, связанных с появлением и обработкой больших данных.

Описание больших данных. Описания и модели больших данных, применяемых в науке и технологиях требуют проведения исследований и разработок, направленных на разработку масштабируемых аппаратных и программных решений. Пока пределом возможностей приложений, ориентированных на обработку больших объемов данных, являются петабайтные коллекции данных и гигабайтные потоки данных. В аспекте существующей тенденции ожидаются еще большие масштабы и объемы данных.

При работе с большими данными, приходится сталкиваться со следующими модификациями этой проблемы: большие объемы данных [1], интенсифицированные потоки данных, существенное сокращение допустимого времени анализа данных, предел времени для принятия решений при большом количестве данных [4], возрастание морфологической сложности моделей, возрастание структурной сложности [12] моделей и систем, возрастание вычислительной сложности [12], относительный рост слабоструктурированной исходной информации, относительный рост нечеткой

информации, рост потребностей в параллельных вычислениях [5] и т.д. Упрощенно проблемы работы с данными большого объема приведены в таблице 1, в которой дается качественное сравнение обычных данных и больших данных.

Таблица 1

Сравнительные характеристики больших данных

Характеристика	Обычные данные	Большие данные
Формат	Однородный	Неоднородный
Объем	Мегабайты гигабайты	Петабайты
Распределенность данных	нет	есть
Тип задачи	Первого рода	Второго рода
Тип моделей решателей	Алгоритмические	Статистические
Тип моделирования	Имитационное моделирование	Стохастическое
Топологическая сложность	Приемлемая	Высокая
Вычислительные ресурсы	Обычные	Повышенной мощности

Приложения, ориентированные на обработку больших объемов данных, имеют дело с наборами данных, имеющими информационные объемы от нескольких терабайт до петабайта. На практике эти данные поступают в разных форматах и часто распределены между несколькими приложениями. Обработка больших объемов данных обычно происходит в режиме многошагового аналитического конвейера, включающего стадии преобразования, обработки и интеграции обработанных данных.

Требования к скорости вычислений обычно почти линейно возрастают при росте объема данных. Часто такие вычисления осуществляют на основе предварительного параллеливания данных и последующей параллельной обработке. К основным техническим проблемам больших вычислений относятся управление данными, методы фильтрации и интеграции данных, эффективная поддержка запросов и распределения данных.

Особо следует подчеркнуть, что проблема распределения данных сама по себе создает проблемы даже при не очень большом объеме. Это мотивирует разработку специальных пространственных моделей данных [13], которые включают свойство распределения в пространстве.

Источники больших данных в геодезии и фотограмметрии. *Неявные знания как источник появления больших данных.* Сами по себе неявные знания [14, 15] характеризуются слабой структурированностью, что является признаком «больших данных». Особенность получения информации при аэрофотосъемке и, особенно, при дистанционном зондировании в том, что данные первоначально накапливают и спустя какой-то временной период начинают обрабатывать. При этом на аэрокосмических снимках могут содержаться изображения непонятных явлений и сложных комбинаций разных объектов.

При аэрокосмической съемке изображение формируется как совокупность наложенных друг на друга объектов. Например, облака могут закрывать часть территории, при фотографировании водной поверхности она становится прозрачной на определенную глубину и все объекты в пределах видимости отпечатываются как на одном слое изображения.

Сложность как источник больших данных. Особенность термина «сложность» в том, что он является связанной сущностью (или атрибутом) и с другой сущностью. Это порождает различные виды сложности. Например, различают виды сложности по связи с объектом: сложность организационно-технической системы [16], сложность процесса (действия), сложность явления, условная колмогоровская сложность, простая колмогоровская сложность, префиксная сложность [17], сложность ситуации, сложность теории и т.д.

Следовательно, термин «сложность» требует указания связанного объекта, по отношению к которому сложность оценивается. В противном случае оценка сложности будет неадекватной. Сложности качественно разных сущностей или разных атрибутов могут быть не сопоставимы.

Различают разные сложности одного и того же объекта:

- структурная сложность объекта [12];
- сложность процессов, в которых участвует объект [17];
- сложность получения решения в допустимое время – временная сложность [18, 19];
- сложность, обусловленная ограниченным объемом памяти вычислительной системы при больших объемах перерабатываемой информации – ёмкостная сложность [19];
- сложность определения положения в пространстве – пространственная сложность позиционирования;
- сложность формы объекта – морфологическая сложность;
- сложность ситуации, в которой находится объект – ситуационная сложность;
- сложность позиции, в которой находится объект – позиционная сложность;
- сложность декодирования объекта [12] – криптографическая сложность;
- сложность описания явления, с которым взаимосвязан объект;
- сложность теории, описывающей поведение объекта, и т.д.

Следовательно, для полноты исследования можно говорить об «обобщенной сложности» объекта и об «атрибутивной сложности».

Общие характеристики больших данных. Для характеристики «больших данных» часто применяют критерий «три V»: объём (*volume* – *v1*), скорость (*velocity* – *v2*), многообразие (*variety* – *v3*), К этому необходимо добавить сложность [12, 19] (*complexity* – *c1*).

Обработка серий фотоснимков, как и в 60-е годы приводит к получению файлов большого объема. Ситуация усугубляется появлением сканеров высокого разрешения, что на порядки повышает информационную емкость снимков и создает проблему их обработки. В чистом виде проблема больших данных появляется при создании и ведении мультимасштабных карт [20].

Критерий *v1* проявляется в области наук о Земле при хранении гигабайтных и терабайтных файлов. Это встречается при работе с мультимасштабными картами [20] и банками пространственных данных [21].

Критерий *v2* проявляется в области наук о Земле при уравнивании больших систем уравнений [22]. Этот критерий проявляется также при оперативном управлении подвижными объектами.

Критерий *v3* проявляется в области наук о Земле при моделировании сложных систем [23] большого территориального охвата. Он также проявляется при семантическом анализе информационных объектов [24]. Критерий *c1* проявляется в области наук о Земле при топологическом анализе сложных транспортных и иных сетей [25].

Выводы. Возникновение проблемы больших данных можно рассматривать как отражение процессов глобализации. Анализ данных больших объемов требует привлечения технологий и средств реализации высокопроизводительных вычислений. Основными факторами проблемы являются, в первую очередь, сложность, и, во-вторую – физический объем информационной коллекции. Большие объемы данных порождают проблемы при формировании информационных ресурсов из таких данных. По существу большие данные являются новой формой информационного барьера [4]. Большие данные качественно отличаются от обычных данных тем, что создают семантический разрыв при их обработке и анализе. Большие данные, с одной стороны, обуславливают постановку и решение новых задач [26], с другой стороны – развитие интегрированных и комплексных систем и технологий. Преувеличенное внимание к «большим данным» со стороны журналистов и бизнесменов обусловлено отсутствием практики преодоления информационных барьеров и рассмотрением этого явления как совершенно нового, в то время как оно периодически появляется в развитии человечества и «новым» является не само явление, а «новое качество» известного явления. С познавательной точки зрения преодоление информационного барьера «большие данные» способствует развитию познания окружающего мира и построению его целостной картины.

Литература.

1. Майер-Шенбергер В., Кукьер К. Большие данные: Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 240 с.
2. Черняк Л. Большие данные – новая теория и практика // Открытые системы. СУБД. 2011. № 10. С. 18–25.
3. Jacobs A. The pathologies of big data // Communications of the ACM. 2009. Т. 52. № 8. Р. 36–44.
4. Tsvetkov V.Ya., Lobanov A.A. Big Data as Information Barrier // European Researcher. 2014. Vol.(78). № 7-1. Р. 1237–1242.
5. Lynch C. Bigdata. How do your data grow? // Nature. 2008. Т. 455. № 7209. Р. 28–29.
6. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. М.: Наука, 1987. 557 с.
7. Космические исследования земных ресурсов. Методы и средства измерений и обработки информации. М.: Наука, 1976. 386 с.
8. Цветков В.Я. Методы и системы обработки и представления видеонформации. М.: ГКНТ, ВНИИЦентр, 1991. 113 с.
9. Цветков В.Я. Естественное и искусственное информационное поле // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 5. Ч. 2. С. 178–180.
10. The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery, 2009. URL: <http://research.microsoft.com/enus/collaboration/fourthparadigm>
11. LoekEssers: CERN pushes storage limits as it probes secrets of universe. URL: <http://news.idg.no/cw/art.cfm?id=FF726AD5-1A64-6A71-CE987454D9028BDF>
12. Tsvetkov V.Ya. Complexity Index // European Journal of Technology and Design. 2013. Vol.(1). № 1. Р. 64–69.
13. Tsvetkov V.Ya. Spatial Information Models // European Researcher. 2013. Vol.(60). № 10-1. Р. 2386–2392.
14. Polanyi M. *The tacit dimension*. London: Routledge and Kegan Paul. 1966.
15. Сизов А.С., Цветков В.Я. Неявное знание: оппозиционный логический анализ и типологизация // Вестник Российской Академии Наук. 2015. Т. 85. № 9. С. 800–804. DOI: 10.7868/S0869587315080319.
16. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Соловьёв И.В., Цветков В.Я. Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. М.: МаксПресс, 2010. 228 с.
17. Вьюгин В.В. Колмогоровская сложность и алгоритмическая случайность. М.: ИППИ РАН, 2012. 131 с.
18. Tsvetkov V.Ya. Multipurpose Management // European Journal of Economic Studies. 2012. Vol.(2). № 2. Р. 140–143.
19. Адигеев М.Г. Введение в теорию сложности. Ростов н/Д.: РГУ, 2004. 35 с.
20. Цветков В.Я., Железняков В.А. Мультимасштабная электронная карта как основа системы учёта земель // Государственный советник. 2014. № 1. С. 28–37.
21. Железняков В.А. Интеллектуальное обновление информации в банке геоданных // Инженерные изыскания. 2012. № 5. С. 58–61.
22. Михайлович К. Геодезия (уравнительные вычисления) / пер. С.В. Лебедева; под ред. ВД Большакова. М.: Недра, 1984.
23. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. М.: Наука, 1977.
24. Цветков В.Я. Семиотический подход к построению моделей данных в автоматизированных информационных системах // Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 5. С. 142–145.
25. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы. М.: Мир, 1984. Т. 198.
26. Herodotou H. et al. Starfish: A Self-tuning System for Big Data Analytics // CIDR. 2011. Т. 11. Р. 261–272.

Big data photogrammetry and geodesy

Andrey Ivanovich Pavlov, Ph.D., Associate Professor

Researcher experimental technology department number 28, Institute of Foundations and underground structures of «SIC» Construction, E-mail: andpavlov.51@mail.ru

This article describes the problem of «big data» in the photogrammetry and geodesy. This article describes the causes and factors that lead to the emergence of big data. The article compares the big data and traditional data. The article shows that the problem of large data depends on large amounts of data. The article shows that the problem of large data depends also on fuzzy information, information model complexity and demands high processing speed. The analysis tools used in the processing of big data.

Keywords: *Data, big data, complexity, methods of processing, photogrammetry, surveying, information technology*