

Журнал включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук
Подписка по каталогу подписных изданий «Газеты. Журналы»
ОАО Агентство «Роспечать»
Подписной индекс 80246

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1. Prof.Dr. Murat Barkan	PhD, Prof.
2. Doc Dr. Jaroslav Berce	PhD, Prof.
3. Dr. Vladimir Uskov	PhD, Prof.
4. Абросимов А.Г.	д.п.н., проф.
5. Волкова В.Н.	д.э.н., проф.
6. Волов В.Т.	д.п.н., д.соц.н., д.ф.-м.н., д.т.н., д.э.н., проф.
7. Гликина С.П.	д.э.н., проф.
8. Данчул А.Н.	д.т.н., проф.
9. Егорова Е.А.	к.э.н., доц.
10. Зарова Е.В.	д.э.н., проф.
11. Калянов Г.Н.	д.т.н., проф.
12. Карманов М.В.	д.э.н., проф.
13. Касенова А.К.	к.э.н.
14. Кевеш А.Л.	
15. Метлик И.В.	д.п.н., проф.
16. Минашкин В.Г.	д.э.н., проф.
17. Мхитарян В.С.	д.э.н., проф.
18. Нуралиев Б.Г.	к.э.н.
19. Орехов С.А.	д.э.н., проф.
20. Пряжников Н.С.	д.п.н., к.псх.н., проф.
21. Тельнов Ю.Ф.	д.э.н., проф.
22. Тихомирова Н.В.	д.э.н., проф.
23. Шмид А.В.	д.т.н., проф.
24. Шувалова Е.Б.	д.э.н., проф.
24. Юрьева Т.В.	д.э.н., проф.

Главный редактор	<i>В.Г. Минашкин</i>
Заместитель главного редактора	<i>Е.А. Егорова</i>
Ответственный редактор	<i>П.А. Смелов</i>
Технический редактор	<i>Е.И. Аникеева</i>

При перепечатке и цитировании материалов ссылка на журнал «Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО» обязательна.

Статьи, поступающие в редакцию журнала, проходят обязательное «слепое» рецензирование. По решению редколлегии журнала статьи могут быть отправлены автору на доработку или отклонены по формальным или научным причинам (автору направляется мотивированный отказ). Плата с аспирантов за публикацию рукописи не взимается.

ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ:

<i>В.А. Китов, В.В. Шилов</i> Анатолий Иванович Китов: личность через призму документов	2
<i>А.Н. Аверкин</i> Гибридные модульные нейронные сети	8
<i>А.А. Варфоломеев</i> Анализ изменения сущности понятия «финансовая криптография» на основе 20-летней тематики международной конференции «Financial Cryptography and Data Security»	12
<i>М.С. Гаспарян, С.А. Лебедев, Ю.Ф. Тельнов</i> О взаимосвязи ФГОС и профессиональных стандартов	16
<i>Г.Н. Калянов</i> Теория бизнес-процессов: формальные модели и методы	19
<i>В.В. Китов</i> Исследование точности метода градиентного бустинга со случайными поворотами	22
<i>О.В. Китова, И.Б. Колмаков, И.А. Пеньков</i> Метод машин опорных векторов для прогнозирования показателей инвестиций	27
<i>Н.В. Концевая</i> О моделировании рынка недвижимости и возможности прогнозирования цены квадрата	31
<i>Ю.А. Лямин</i> Проблемы импортозамещения в информационных системах	35
<i>А.Ю. Меерсон, А.П. Черняев</i> Некоторые свойства вариационных задач оптимального управления потреблением	39
<i>А.Г. Михеев</i> Трансформация бизнес-процессов в методологии многоуровневого финансового менеджмента	44
<i>К.Г. Скрипкин</i> Архитектура предприятия: проблема описания организационного капитала	49
<i>Н.П. Тихомиров, Д.В. Арон, П.В. Ивандиков</i> Экономическое обоснование и оптимизация стратегий обеспечения безопасности при чрезвычайных ситуациях с утечкой радиации	56
<i>В.М. Трёмбач</i> Инжиниринг интеллектуальных обучающих систем вуза	64

АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ КИТОВ: ЛИЧНОСТЬ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ДОКУМЕНТОВ

УДК 004; 3-05

Владимир Анатольевич Китов,
к.т.н., старший научный сотрудник, доцент
кафедры информатики РЭУ им. Г.В. Плеханова
Эл. почта: vladimir.kitov@mail.ru

Валерий Владимирович Шилов,
к.т.н., старший научный сотрудник, профессор
департамента программной инженерии, ака-
демический руководитель образовательной
программы бакалавриата по программной
инженерии НИУ ВШЭ; зав. кафедрой «Проек-
тирование вычислительных комплексов», Мос-
ковский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)
Эл. почта: valery-54@yandex.ru

В статье впервые рассматриваются девять официальных характеристик и аттестаций выдающегося российского ученого Анатолия Ивановича Китова, относящихся к военным и первым послевоенным годам (1944–1950). Их анализ позволяет обнаружить проявления тех свойств личности и характера молодого офицера-фронтовика, а затем слушателя военной академии, которые впоследствии стали основой его научных достижений, но и предопределили конфликт с административно-командной системой.

Ключевые слова: кибернетика, информа-
тика, национальная компьютерная сеть,
А.И. Китов, экономическое управление, ЭВМ.

Vladimir A. Kitov,
Candidate of Technical Science, Associate
Professor of Informatics Department, Plekhanov
Russian University of Economics
E-mail: vladimir.kitov@mail.ru

Valery V. Shilov,
Candidate of Technical Science, Full Professor of
the Department for Software Engineering,
Academic Supervisor of the Bachelor Program
on Software Engineering, National Research
University Higher School of Economics, Head of
Computer Systems Design Department, Moscow
Aviation Institute (National Research University).
E-mail: valery-54@yandex.ru

ANATOLY I. KITOV: PERSONALITY THROUGH THE PRISM OF DOCUMENTS

The paper for the first time discusses nine formal characteristics and certifications of the outstanding Russian scientist Anatoly Ivanovich Kitov related to the military and the first postwar years (1944–1950). Their analysis allows detecting the manifestations of the properties of the personality and character of the young combat officer, and then of a student of the military Academy, which later became the basis of his scientific achievements, but also determined the conflict with the administrative-command system.

Keywords: cybernetics, computer science, a national computer network, A.I. Kitov, economic management, computer.

1. Введение

Об Анатолии Ивановиче Китове (1920–2005) вышло уже более сотни различных публикаций – статей, брошюр, книг, тезисов докладов и др. Так, в работах [1–6] достаточно подробно освещена выдающаяся роль этого первопроходца в науке и основоположника в нашей стране военной информатики и медицинской кибернетики, пионера создания и использования информационных технологий для экономики и управления. Результаты его разносторонней научно-организационной деятельности достаточно подробно обсуждались на шести прошедших ежегодных Международных научно-практических конференциях имени А.И. Китова «Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении» (ИТиММ), посвященных его памяти. Подробно ознакомиться с этапами его жизни и достигнутыми научными результатами можно, в частности, на сайтах: www.kitov-anatoly.ru, www.it-history.ru и <http://www.computer-museum.ru/galglory/kitov0.htm>. Компания ВГТРК по заказу телевизионного канала «Культура» в 2015 г. создала сорокаминутный документальный фильм «Интернет полковника Китова» (http://tvkultura.ru/brand/show/brand_id/59074/).

В данной статье сделана попытка на основе анализа ранних характеристик и аттестаций А.И. Китова, относящихся к годам его участия с 1941 по 1945 гг. в Великой Отечественной войне и обучения с 1945 по 1950 гг. в Военно-инженерной академии имени Дзержинского, выявить объективную закономерность трансформации этой незаурядной личности в выдающегося учёного, а также выявить черты его характера, которые явились основой его будущих масштабных научных результатов.

Авторами были проанализированы девять ранних характеристик и аттестаций А.И. Китова, относящихся к периоду с 1944 года по 1950 год. Из этих документов пять датированы 1944 и 1945 годами и являются служебно-боевыми и партийными характеристиками А.И. Китова как участника Великой Отечественной войны. Четыре документа относятся к 1946, 1947, 1948 и 1950 годам – времени его учёбы на факультете реактивного вооружения Артиллерийской военно-инженерной академии имени Дзержинского. Это аттестации, оформлявшиеся в то время на каждого слушателя военных академий после окончания ими очередного года обучения. В нашем распоряжении имеются аттестации А.И. Китова по окончании им 2, 3, 4 и 6 курсов.

Эти документы не только способствуют изучению личности А.И. Китова, но и воссоздают конкретное представление об используемых официальных характеризующих документах того времени, таких как аттестации и служебные характеристики. Благодаря им проясняются правила составления документов данного типа, используемая терминология, неукоснительность присутствия ряда характеризующих пунктов, обязательность используемых формализмов и, напротив, возможность использования нестандартных характеризующих выражений и т.д.

2. Девять характеристик и аттестаций А.И. Китова

Один из пионеров отечественной информатики, академик В.К. Левин написал об А.И. Китове в книге воспоминаний о нём [1] так: «Анатолий Иванович Китов является одной из самых ярких звёзд отечественной кибернетики и вычислительной техники – можно сказать, входит в десятку ведущих наших учёных, внесших наиболее существенный и разносторонний вклад в становление отечественного Вычислительного дела. Анатолий Иванович был пионером кибернетики, который на заре компьютерной эры осветил дорогу

широкого развития и повсеместного использования электронных вычислительных машин».

Первой официально зафиксированной письменной характеристикой Анатолия Китова является запись в его таблице с оценками за первый класс начальной школы, в которой он кратко характеризуется как «бойкий, сообразительный шалун».

В средней школе основные увлечения Анатолия Китова укрупнено можно разбить на три группы. Это участие в различных кружках (шахматном, авиамоделирования, физическом), занятия в спортивных секциях (гимнастической, тенниса, волейбола, туристической) и увлечение сверх школьной программы естественно научными предметами, по которым он неоднократно побеждал в городских и республиканских олимпиадах. Интересным является тот факт, что в то время в СССР победителей школьных олимпиад помимо почётных грамот, награждали ещё и университетскими учебниками. Важно отметить, что в те годы организацию олимпиад школьников возглавляли большие учёные, работавшие в местных университетах. В семье учёного хранятся два университетских учебника подписанных школьнику Толе Китову выдающимся российским математиком Всеволодом Ивановичем Романовским (1879–1954), служившим до переезда в Ташкент профессором Варшавского и Донского (Ростов-на-Дону) университетов. Романовский является основателем ташкентской математической школы, его имя было присвоено Институту математики АН Узбекистана. Так произошло ещё в школьные годы первое «пересечение» Анатолия Китова с выдающимся представителем большой науки.

Среднюю школу Анатолий Китов закончил в 1939 г. круглым отличником и в том же году поступил на физико-математический факультет Средне-Азиатского государственного университета в городе Ташкенте. Но проучился всего два месяца, так как в ноябре 1939 г. вместе с другими студентами-первокурсниками был призван рядовым в Красную Армию, как тогда официально формулировалось, «в связи со сложной международной обстановкой». Прерывание

учёбы в университете Анатолий воспринял с сожалением, но как необходимость. Его направили служить рядовым в воинские части, которые «присоединяли», в соответствии с Пактом Молотова-Риббентропа, к СССР ряд территорий Западной Украины, а потом Прибалтики. Огромную роль в судьбе Анатолия сыграл его отец Иван Степанович Китов, который поехав в Москву и добившись приёма у наркома обороны К.Е. Ворошилова, убедил того направить его талантливого сына учиться в военное училище в Ленинграде. Благодаря этому в начале июля 1941 года младший лейтенант Анатолий Китов начал участвовать в войне на Южном фронте в качестве офицера-прожекториста.

Первые пять из девяти проанализированных нами документов характеризуют А.И. Китова как офицера – участника Великой Отечественной войны.

В служебно-боевой характеристике Анатолия Китова от 13 сентября 1944 говорится, что «он, как лучший офицер-командир огневого взвода № 286 ОЗАД (Особого зенитного артиллерийского дивизиона – Авт.) ПВО был допущен к командованию батареей МЗА». Отдельного внимания заслуживает фраза о том, что «он много работает над повышением своих знаний и знаний подчинённых». В семейном архиве Китовых хранится фронтовой конспект Анатолия Китова, на титульной странице которого его рукой написано «Математический анализ. 1944 год, г. Ясло и г. Самбор». В перерывах между боями он посвящал свое свободное время занятиям по высшей математике и по другим университетским дисциплинам. В фильмах о войне можно увидеть, как в периоды затишья между боями бойцы поют песни, читают художественную литературу, пишут стихи, ухаживают за девушками, участвуют в застольях и т.д., но что-то не вспоминается, чтобы кто-то из них занимался математикой, физикой и другими предметами. Здесь уместно процитировать слова генерал-лейтенанта, Героя Социалистического труда М.М. Коломийца, сказанные им на одном из вечеров памяти А.И. Китова в Доме учёных Российской академии наук «...в 1944 году в районе города

Самбор на Южном фронте наши войска вели ожесточённые кровопролитные бои с фашистами. Как же надо было Анатолию Ивановичу верить в нашу окончательную победу в Великой Отечественной войне, чтобы в тяжёлое военное время заниматься на фронте высшей математикой... Каждый день тысячи фронтовиков отдавали свои жизни в ожесточённой борьбе за Родину с яростно воевавшими врагами, но он уже тогда думал о будущей созидательной мирной жизни, о необходимости восстановления разрушенного войной промышленного хозяйства нашей страны» [1].

В Боевой (служебной) характеристике за период с 1 января 1944 г. по 1 января 1945 г. указан ряд важных качеств и черт характера А.И. Китова как офицера и командира. В первую очередь, он характеризуется как «волевой и энергичный офицер... К подчинённым требователен». Далее говорится, что он «в бою выносливый и решительный». Следующий абзац подчёркивает склонность А.И. Китова к овладению новыми знаниями и их полезному использованию в дальнейшем: «самостоятельно, будучи командиром-прожектористом в боевой обстановке переквалифицировался на командира-зенитчика-артиллериста, за короткий срок изучив правила стрельбы и материальную часть приборов и орудий батарей среднего калибра и МЗА... В своей работе проявляет инициативу и находчивость».

Следующая Аттестация датируется 5 июня 1945 года. В ней фактически даётся обобщающая характеристика старшего лейтенанта А.И. Китова за весь период Великой Отечественной войны. Одной из первых фраз этой характеристики является фраза «В боях с немецко-фашистскими захватчиками показал себя смелым, решительным офицером». Далее подчёркивается: «товарищ Китов во всех боях показал себя храбрым офицером, увлекающим своим примером бойцов». В дальнейшем указанные в этой аттестации качества ещё проявятся как в борьбе за кибернетику в СССР, так и в отстаивании разработанного им первого в мире проекта национальной компьютерной сети [1–3]. Не забыта и склонность А.И. Китова

к постоянному углублению своих знаний в области точных наук: «*Несмотря на трудности в период Отечественной войны всё время упорно работал над повышением своего общеобразовательного уровня и самостоятельной работой изучил программу 1-го курса физико-математического факультета университета*». А.И. Китов на протяжении всей своей жизни имел тягу ко всему новому в научно-технической области и обладал редко встречающимся качеством первооткрывателя. Это было отмечено ещё его фронтовыми начальниками: «*Имеет большую склонность к конструкторско-изобретательской работе. Ещё в 1943 году подал предложение об учёте поправки взрывателя на запаздывание выстрела*».

В Боевой (служебной) характеристике за период с 1 января 1944 г. по 16 июня 1945 г. подтверждаются все положения аттестации от 1 июня 1945 г., и в качестве двух основных выводов указывается, что А.И. Китов достоин направления на учёбу в военную академию на инженерный факультет и присвоения очередного воинского звания «капитан».

Установленные правила того времени требовали, чтобы помимо ежегодной аттестации оформлялась ещё и отдельная Партийно-политическая характеристика (от 17 июня 1945 г.). Все эти три, практически в одно и то же время, написанных документа содержат обязательную ритуальную фразу «*Делу партии Ленина-Сталина и Социалистической родине предан. Политически грамотен и морально устойчив*». В остальном Партийно-политическая характеристика существенно отличается от двух более ранних аттестаций. В ней преимущественно освещаются вопросы взаимодействия военнослужащего с партийной организацией артиллерийского дивизиона, понимания им роли партии в Красной Армии, выполнение им партийных поручений и т.д.

По существу, в этой характеристике, кроме общих фраз, есть только одно конкретное предложение «*Батарея, которой командовал тов. КИТОВ была одной из лучших в части*». Три последних документа, датированные июнем 1945 года, очевидно имеют характер рекомендации

для возобновления прерванной войной учёбы в высшем учебном заведении (военной академии).

В августе 1945 года, успешно сдав вступительные экзамены в академию, А.И. Китов, всего через несколько дней, сдаёт экзамены за 1 курс обучения. Четыре следующих, имеющихся в нашем распоряжении, документа относятся уже ко времени учёбы А.И. Китова на факультете реактивного вооружения Артиллерийской ордена Ленина и ордена Суворова Академии Красной Армии имени Дзержинского. Первый из них, Аттестация от 16 августа 1946 г., подводит итоги обучения после окончания А.И. Китовым второго курса. В послевоенных характеристиках основной акцент делался на четырёх аспектах: учёбе и личных данных слушателя, участии в общественной жизни, чертах характера и занятиях спортом. В первую очередь, в указанной аттестации отмечается, что товарищ Китов был принят в эту военную академию сразу на 2 курс. Далее по тексту: «*Капитан Китов – исключительно способный офицер. Ясность ума, быстрота соображения, понимание обстановки и быстрота принятия решения – характерны для тов. Китова. Способен с полуслова понимать мысль своего начальника и затем довести её до конца уже самостоятельно. Своими способностями и памятью поражает окружающих. Имели место случаи, когда тов. Китов сдавал экзамены в один день по двум серьёзным теоретическим предметам, не имея специально отведённого времени на подготовку. В учебной работе имеет только отличные оценки*». А вот об общественной работе упоминается более чем скромно: «*Исполняет обязанности парторга курса, с работой справляется*». Эта фраза отличается предельной сдержанностью и краткостью. Читатель, зная будущий драматический конфликт А.И. Китова с партийными органами МО СССР, может предположить, что уже тогда началось неприятие им необходимости выполнения пустых партийных поручений, только мешавших овладению новыми знаниями и занятиям наукой. Последним двум делам Китов отдавал всё своё время, работая увлечённо и азартно.

По поводу черт характера сказано: «*Дисциплинирован, выдержан и тактичен*», а относительно занятий спортом: «*Отличный спортсмен*».

Выводов в этой аттестации всего два: «*1. Достоин перевода на 3 курс*» и «*2. Достоин представления к Сталинской стипендии*».

Следующая Аттестация, датированная 31 июля 1947 года, то есть после окончания 3 курса, и охватывает период с 4 августа 1946 г. по 4 июля 1947 г. В ней подчёркивается: «*Капитана Китова природа наградила хорошими способностями. Восприимчивый и гибкий ум, хорошая память, сообразительность и глубокое понимание изучаемых предметов – характеризуют его внутреннее содержание*». По поводу черт характера мы читаем: «*Он отлично владеет собой при любых условиях благодаря своему спокойному и уравновешенному характеру. Скромность и относительная простота характера дополняют его хорошие офицерские качества*».

В этой характеристике уже отмечается участие в научной работе: «*Может быть привлечён к самостоятельной научно-исследовательской работе*». Известно, что в это время А.И. Китов был одним из лидеров научного общества слушателей академии, работал над изобретением нового типа реактивного оружия, за что впоследствии Государственный комитет по изобретениям СССР выдал ему Авторское свидетельство на изобретение. Предложенный А.И. Китовым проект нового типа реактивного оружия, среди других перспективных военных разработок, докладывался руководством Министерством обороны СССР Верховному главнокомандующему И.В. Сталину. Тогда же слушатель академии А.И. Китов был привлечён в группу С.П. Королёва для участия в разработке первой советской ракеты Р-1. Результаты своей научной работы в военной академии слушатель Китов опубликовал в виде статей в секретных военных журналах. В этой характеристике почти теряется короткая фраза, имеющая на самом деле большой смысл: «*Изучает два иностранных языка*» (немецкий и английский). Немецким языком капитан Китов владел в совершенстве ещё со времён Великой

Отечественной войны. Это дало ему возможность участвовать в работах по ракете Р-1, которая была абсолютной копией немецкой трофейной ракеты Фау-2. Американцы вывезли к себе Главного конструктора Фау-2 Вернера фон Брауна, который впоследствии возглавил ракетную индустрию США. Советские же войска захватили производство и огромное количество документации Фау-2 в ракетном исследовательском центре в Пенемюнде. Известно, что Сталин запретил Королёву при изготовлении Р-1 делать какие-либо модернизации Фау-2. Именно в группу освоения трофейной документации по ракете Фау-2 и был направлен капитан Китов.

Что касается глубокого освоения им английского языка, то и здесь его усилия окупились с лихвой. В 1951 году, через год после окончания академии он был, помимо работы в ААН, назначен военным представителем МО СССР (военпредом) в секретное СКБ-245, занимавшееся созданием первой советской серийной ЭВМ «Стрела». Именно природная тяга ко всему новому и прекрасное знание английского языка позволили Китову прочитать в секретной библиотеке СКБ-245 в оригинале книгу американского математика Норберта Винера «Cybernetics» и сделать смелый вывод о том, что никакая это не «буржуазная лженаука» и «служанка империализма», а «хорошая и полезная наука».

Аттестация от 12 августа 1948 г., на первый взгляд неожиданно, а при более внимательном рассмотрении, в общем-то вполне закономерно, помимо позитива, содержит критические (с точки зрения коммунистической системы) замечания. Отмечается «Однако, у тов. КИТОВА имеются и серьезные недочеты. Будучи секретарем партбюро курса, он недостаточно серьезно относился к своим обязанностям. Парторганизация в своих постановлениях указывала на его недочеты, но он указаниями пренебрег, чем сильно подорвал свой авторитет, как партийного руководителя и не был избран в руководящие партийные органы в период перевыборов. По своему характеру честолобив. Не любит справедливую критику, т.к. считает себя непогрешимым и не

считается с авторитетом других товарищей. Имеет склонность обходить своих начальников при устройстве личных дел... Физически развит отлично, но никакого активного участия в спортивных соревнованиях не принимает. Указать тов. Китову на необходимость уметь сочетать учебную, научную с партийно-политической работой». Кем же был А.И. Китов в момент написания рассматриваемой аттестации? В августе 1948 года он перешёл на 5-й курс академии. Он уже имеет за плечами серьёзные достижения в учёбе и в науке, которые существенно отличают его не только от однокурсников, но и от многих преподавателей и офицеров, работающих в деканате факультета реактивного вооружения, а также от партийных секретарей. В плане учёбы он лучший слушатель курса – сталинский стипендиат. Возглавляет научное общество слушателей. За его плечами участие в работах по созданию командой С.П. Королёва первой советской ракеты Р-1. Уже написан ряд статей по ракетной тематике и близится к завершению его изобретение нового типа реактивного вооружения, которое впоследствии руководство МО включит в число наиболее перспективных для доклада И.В. Сталину. Китова ставят в пример и даже вызывают на коллегию МО СССР, чтобы он поделился «секретом», за счёт чего ему удастся так хорошо учиться.

Нравы коммунистической партии накладывали элемент комичности на существовавшие в социалистической стране порядки, что отразилось и в аттестации от 12 августа 1948 года. Прежде всего, бросается в глаза то, что абзац о достижениях А.И. Китова в два с половиной раза меньше куска аттестации с весьма неконкретными «недостатками».

А.И. Китов – блестящий студент и уже учёный и изобретатель, а ему в качестве недостатка указывают на то, что «он не любит справедливую критику». Он всё своё время и силы отдаёт учёбе и науке, а его ругают, что не занимается партийной работой и спортом, хотя «физически развит отлично». Как это было принято у коммунистических демагогов, все выдвинутые обвинения

носят огульный характер, бездоказательны и не содержат конкретных фактов. Весьма любопытна фраза «Имеет склонность обходить своих начальников при устройстве личных дел». Здесь имеется в виду случай, когда жена А.И. Китова Галина, работавшая в издательском отделе академии им. Ф.Э.Дзержинского и находящаяся на седьмом месяце беременности, записалась на приём к самому начальнику академии, генерал-полковнику В.И. Хохлову и сообщила ему о том, что их лучший слушатель не имеет своего собственного угла и они вынуждены снимать комнату в деревянном одноэтажном домишке с продуваемыми покосившимися стенами. В результате, семье Китовых была выделена комната площадью пять квадратных метров (!) в коммунальной квартире, в которой проживали ещё пять семей военнослужащих, в ведомственном доме МО на проспекте Мира, тогда 1-й Мещанской улице (в этом доме сейчас находится вход на станцию метро «Проспект Мира»). Как мы видим, в очередной раз прав оказался Михаил Афанасьевич Булгаков – некоторых москвичей на самом деле основательно «испортил квартирный вопрос». С позиции здравого смысла, заключительная фраза в рекомендации «Указать тов. Китову на необходимость уметь сочетать учебную, научную с партийно-политической работой» абсурдна.

Аттестация от 18 февраля 1950 года. Это заключительная аттестация при окончании академии, подводившая итог учебы в академии не только за год, но и за всё время обучения: «Очень способный офицер. Он обладает ясным умом, хорошей памятью и большой работоспособностью. Отличается глубоким пониманием предметов (в науке)... Наряду с отличной учебой, он принимал активное участие в научно-исследовательской работе. Его научно-исследовательские работы получили похвальные отзывы и были опубликованы в сборнике докладов слушателей академии. За научно-исследовательскую работу награждался ценным подарком. Являлся председателем научно-технического кружка слушателей.

Недостатком технической подготовки капитана Китова является

отсутствие у него достаточных навыков в черчении, так как нормального курса обучения по этому предмету он не проходил. Будучи секретарем партбюро на 2 и 3 курсах, недостаточно уделял внимания партийной работе. По своему характеру честолобив.

Со стороны начальников и парторганизации с ним была проведена большая воспитательная работа. В результате этой работы, в значительной мере он свои недостатки устранил; улучшил отношение к партийной работе, повысил ответственность за свое личное поведение на службе, наладил взаимоотношения с товарищами, но еще нуждается в дальнейшей воспитательной работе.

Как видно из этого документа, его тональность весьма благостна. Вспомнили зачем-то про черчение. Указали на то, что недостаточно когда-то уделял внимания партийной работе. В общем, начальники и партторги слегка А.И. Китова пожурили, не забыв похвалить себя за «работу» по его «перевоспитанию».

Выводы этой итоговой аттестации следующие:

«1. Считать окончившим полный курс академии с дипломом с отличием и золотой медалью.

2. Может быть использован на научно-исследовательской работе либо в военной приемке при научно-исследовательском институте.

3. Достоин присвоения очередного воинского звания «инженер-майор».

Каким же предстаёт перед нами в приведённых фронтальных и за период обучения в военной академии характеристиках и аттестациях Анатолий Иванович Китов?

Во-первых, храбрым и смелым боевым офицером.

Во-вторых, специалистом, постоянно стремившимся, «несмотря на сложность фронтового быта», повышать уровень своих знаний.

В-третьих, с молодых лет склонным к научной и конструкторско-изобретательской деятельности, несмотря ни на какие жизненные препятствия.

В-четвёртых, человеком, обладающим незаурядными умственными способностями, волей и целеустремлённостью.

3. Заключение

А.И. Китов прерванную на шесть лет из-за службы в армии учёбу смог продолжить лишь в 1945 году. Полноценно учиться в вузе Китов начал, когда ему уже исполнилось 25 лет. Но благодаря острому уму, трудолюбию и целеустремлённости довольно быстро он смог наверстать упущенные из-за войны годы. Так, за счёт самообучения во время войны, он смог в 1945 году поступить сразу на 2-й курс военной академии. Начал заниматься научной работой ещё на студенческой скамье (ракета Р-1, статьи по баллистике, патент на проект «Реактивная пушка»). Золотая медаль, полученная при окончании академии в 1950 году, дала Китову свободное распределение в системе Министерства обороны. Он выбрал Академию Артиллерийских Наук (ААН, научный референт Президента ААН, Главного маршала артиллерии Н.Н. Воронова), где через полтора года в 1952 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Программирование задач внешней баллистики ракет дальнего действия». В том же 1952 году он организовал и возглавил первый в стране отдел математических машин. Параллельно с работой в ААН, в 1952 г. получает высокую должность военпреда в СКБ-245, в секретной библиотеке которого знакомится с книгой Норберта Винера «Cybernetics», после чего становится автором первой в СССР позитивной статьи о кибернетике (1955 г., статья «Основные черты кибернетики»). В мае 1954 г. в возрасте тридцати трех лет А.И. Китов создаёт и возглавляет первый в стране вычислительный центр – ВЦ № 1 МО СССР. Эпитеты «первый» и «впервые» органично и неразрывно связаны со всеми этапами научного пути этого выдающегося учёного. А.И. Китов был автором первой в стране отечественной книги по программированию, ЭВМ и их применениям (1956 г., книга «Электронные цифровые машины»), первых проектов и работ по «неарифметическому» использованию ЭВМ, первого проекта Общегосударственной компьютерной сети (1959 г., прообраза современного Интернета), первого официального отечественного учебника по ЭВМ и программированию

(1959 г., учебник-энциклопедия «Электронные цифровые машины и программирование»), первого доклада по АСУ страны (1959 г.) и т.д. Под его руководством была создана самая мощная в мире на тот момент времени ЭВМ на электронных лампах (1958–1959 гг., ЭВМ М-100, сто тысяч операций в секунду). Он разработал теорию ассоциативного программирования, типовую Отраслевую автоматизированную систему управления (ОАСУ МинРадиоПром), первую АСУ для непроизводственной сферы – медицины, два алгоритмических языка программирования: АЛГЭМ – для использования в экономике и НОРМИН – для использования в медицине и многое другое. А.И. Китов является автором первых в стране основополагающих научных работ и проектов в области военной информатики и медицинской кибернетики. Им получены важные научно-практические результаты при разработке и внедрении математических методов и информационных технологий для решения экономических и управленческих задач. Известные учёные неоднократно отмечали А.И. Китова как пионера и бескомпромиссного борца за кибернетику, информатику и АСУ, подчеркивали его огромный вклад в развитие этих наук. Относительно написанной А.И. Китовым статьи «Основные черты кибернетики» Президент АН СССР (в 1986–1991 гг.) Г.И. Марчук в [1] подчёркивает, что «Статья открыла развернувшуюся в нашей стране дискуссию по кибернетике, подвергавшейся в те времена ошеломляющим нападкам научных кругов... Эта статья имела огромное значение для понимания новой области знаний и осуществила перелом в сознании людей, которые получили твердую основу новой нарождавшейся науки. Значение этой статьи для науки трудно переоценить». Далее Г.И. Марчук пишет, что вышедшая в 1956 году книга А.И. Китова «Электронные цифровые машины» «фактически сделала переворот в сознании многих исследователей. В 1959 году появился другой его фундаментальный труд, написанный вместе с Н.А. Криницким, – «Электронные цифровые машины и программирование». Это была фактически энциклопедия на-

уки об ЭВМ. Многие поколения студентов в университетах и вузах страны с помощью этой замечательной книги получили фундаментальное образование и стали первоклассными учеными во многих областях знаний. Книги А.И. Китова, написанные в начале эры ЭВМ в нашей стране, не должны быть забыты». Необходимо особо отметить научное и гражданское мужество А.И. Китова, который с риском для собственной карьеры выдвигал масштабные проекты для управления народным хозяйством и Вооружёнными Силами Советского Союза на основе новых компьютерных технологий. Большой резонанс в научных и государственных кругах страны имели два написанных в 1959 году письма А.И. Китова руководителю СССР Н.С. Хрущёву о создании Единой государственной сети вычислительных центров (ЕГСВЦ) общегосударственного значения в интересах народного хозяйства и обороны. Направленный осенью 1959 г. В ЦК КПСС проект А.И. Китова «Красная книга» был первым в мире проектом создания национальной компьютерной сети (прообразом современного Интернета). По существу, А.И. Китовым предлагалась глобальная компьютерная сетевая система [2]. А.И. Китов посвятил свою жизнь становлению и развитию кибернетики, информатики, информационно-поисковых систем (ИПС), алгоритмических языков программирования и автоматизированных систем управления (АСУ) и их внедрению для решения задач укрепления обороноспособности нашего государства, экономики народного хозяйства страны и национального здравоохранения и медицины. А.И. Китов был в числе тех учёных, которые внесли наиболее существенный вклад в становление и развитие отечественной кибернетики, и его по праву считают ее пионером. Его научные труды на долгие годы осветили пути развития компьютерной науки в нашей стране и для нескольких поколений отечественных и зарубежных специалистов открыли удивительный мир информационных технологий.

А.И. Китов обладал высоким научным авторитетом не только в нашей стране, но и во многих развитых странах мира. Он автор двенадцати

монографий. Его научные труды переведены на девять иностранных языков. А.И. Китов в течение двенадцати лет был членом Программного и Организационного комитетов ряда конференций, организуемых по линии самых авторитетных в мире международных организаций по информатике – IFIP (Международная федерация по обработке информации) и MedINFO (Международная федерация по медицинской информатике). В таком авторитетном международном органе, каким является MedINFO, А.И. Китов имел статус «Национального представителя от СССР» (The national representative from the USSR). А.И. Китов был постоянным членом Технического комитета № 4 IFIP (Technical Committee № 4 – TC-4 IFIP), а также постоянным представителем от СССР на трёх международных конгрессах, организованных MedINFO. Огромный вклад А.И. Китова и в подготовку профильных научно-педагогических кадров. Он создал международную научную школу – свыше сорока его учеников из СССР, России и зарубежных стран защитили кандидатские и докторские диссертации.

Можно уверенно сделать вывод о том, что ничего случайного в жизни А.И. Китова не произошло – инициативный боевой мужественный молодой офицер, прошедший всю Великую Отечественную войну с июля 1941 по май 1945; потом Сталинский стипендиат, руководитель научного общества слушателей и золотой медалист в военной академии, в течение десяти лет после её окончания становится пионером отечественной кибернетики и основоположником нескольких научных направлений информатики в стране [1, 4–6].

Целеустремлённая жизнь А.И. Китова, проникнутая беззаветным служением своей стране и её науке, является прекрасным примером для молодёжи.

Литература

1. Долгов В.А. Китов Анатолий Иванович – пионер кибернетики, информатики и автоматизированных систем управления. Научно-биографический очерк. Под общей редакцией К. И. Курбакова. 2-е изд. М.: Минобрнауки, КОС-ИНФ.
2. Кутейников А.В., Шилов В.В. АСУ для СССР: письмо А.И. Китова

Н.С. Хрущёву, 1959 г. // Вопросы истории естествознания и техники. 2011. № 3. С. 45–52.

3. Кутейников А.В., Шилов В.В. Последняя попытка реанимировать проект Общегосударственной автоматизированной системы управления советской экономикой (ОГАС). Письмо А.И. Китова М.С. Горбачёву, 1985 г. // Вопросы истории естествознания и техники. 2013. № 2. С. 100–109.

4. Ревич Ю.В. Анатолий Иванович Китов // в кн.: Ю.В. Ревич, Б.Н. Малиновский. Информационные технологии в СССР. Создатели советской вычислительной техники. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. С. 197–220.

5. Китов В.А. ЭВМ «Стрела» при создании оборонного щита СССР // Сборник трудов Международной конференции SORUCOM-2014. Казань, 2014. С. 171–172.

6. Тучков В.Я. Первопроходец цифрового материка. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2014. 424 с.

References

1. Dolgov V.A. Kitov Anatoly Ivanovich – pioner kibernetiki, informatiki i avtomatizirovannykh sistem upravleniya. Nauchno-biograficheskii ocherk. Hjl redaktsiei K.I. Kurbakova. 2 izd. Moskva: Minobrnauki, KOS-INF.
2. Kutejnikov A.V., 2. Shilov V.V. ASU dlia SSSR: pis'mo A.I. Kitova N.S. Khrushchevu, 1959 g. // Voprosy istorii estestvoznaniia i tekhniki. 2011. No. 3. Pp. 45–52.
3. Kutejnikov A.V., Shilov V.V. Poslednyaya popytka reanimirovat' proekt Obshchegosudarstvennoi avtomatizirovannoi sistemy upravleniia sovetskoi ekonomiko (OGAS). Pis'mo A.I. Kitova M.S. Gorbachevu, 1985 g. // Voprosy istorii estestvoznaniia i tekhniki. 2013. No. 2. Pp. 100–109.
4. Revich Yu.V. Anatoly Ivanovich Kitov // in: Yu.V. Revich, B.N. Malinovsky. Informatsionnye tekhnologii v SSSR. Sozdатели sovetskoi vychislitel'noi tekhniki. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 2014. Pp. 197–220.
5. Kitov V.A. EVM «Strela» pri sozdanii oboronno shchita SSSR // SoRuCom 2014 Proceedings. Kazan, 2014. Pp. 171–172.
6. Tuchkov V.Ya. Pervoprokhodets tsifrovogo materika. Moskva: REU im. G.V. Plekhanova, 2014. 424 p.

ГИБРИДНЫЕ МОДУЛЯРНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ¹

УДК 339.13

Алексей Николаевич Аверкин,
к. ф.-м. н., ведущий научный сотрудник
отдела интеллектуальных систем
Вычислительного центра им. А.А.
Дородницына ФИЦ «Информатика и
управление» РАН
Тел.: (499) 135 40 98
Эл. почта: averkin2003@inbox.ru

В работе рассматриваются гибридные нейросетевые подходы к прогнозированию временных рядов, в том числе методы, основанные на нечетких моделях, такие как ANFIS модели, а также предлагается гибридный нейросетевой подход, основанный на модулярных нейронных сетях.

Ключевые слова: прогнозирование, временные ряды, ANFIS, модулярные нейронные сети.

Alexey N. Averkin,
PhD, associated professor of the Academic
Department of Informatics Plekhanov
Russian University of Economics (PRUE),
chief researcher of intelligent department
systems of Dorodnicyn Computing Center
of FRC «Informatics and control of RAS»
Tel.: (499) 135 40 98
E-mail: averkin2003@inbox.ru

HYBRID MODULAR NEURAL NETWORKS

In this paper considered hybrid neural networks for time series forecasting and methods based on fuzzy models, such as ANFIS models and we also suggest a hybrid neural network model based on modular neural networks.

Keywords: forecasting, time series, ANFIS, modular neural networks.

1. Введение

В последние годы прогнозирование временных рядов является одной из самых популярных областей исследований. Основываясь на исторических данных, ученые строят прогнозы на будущее. Примером использования исторических данных может служить прогнозирование фондовых рынков, энергопотребления, экономических показателей и т. д. Прогнозирование является неотъемлемой частью жизни современного общества, без него невозможно планировать будущие расходы или экономические планы развития.

Изменчивость производственно-экономических отношений, неустойчивость, концептуальная непоследовательность и неполнота законодательной базы, регулирующей эти отношения, приводят к тому, что временные ряды, представляющие многие производственные, экономические и социально-экономические процессы, имеют короткую актуальную часть. Многие новые процессы производственной и социальной сферы представляются физически короткими временными рядами, поскольку ранее не являлись предметом статистического учёта.

Но в современной ситуации, когда знания накапливаются огромными темпами, а экономическая ситуация меняется практически ежедневно, становится затруднительным осуществлять качественные прогнозы в подобных ситуациях. Для решения таких задач требуется разработка новых, гибридных моделей прогнозирования на основе методов искусственного интеллекта и нечеткой логики.

2. Обзор гибридных методов прогнозирования, основанных на ANFIS моделях

Типовые процедуры обучения нейронных сетей могут быть применены для настройки ANFIS-сети, так как в ней используются только дифференцируемые функции. Обычно применяется комбинация градиентного спуска в виде алгоритма обратного распространения ошибки и метода наименьших квадратов. Алгоритм обратного распространения ошибки настраивает параметры antecedent правил, т. е. функций принадлежности. Методом наименьших квадратов оцениваются коэффициенты заключений правил, так как они линейно связаны с выходом сети. Каждая итерация процедуры настройки выполняется в два этапа. На первом этапе на входы подается обучающая выборка, и по невязке между желаемым и действительным поведением сети итерационным методом наименьших квадратов находятся оптимальные параметры узлов четвертого слоя. На втором этапе остаточная невязка передается с выхода сети на входы, и методом обратного распространения ошибки модифицируются параметры узлов первого слоя. При этом найденные на первом этапе коэффициенты заключений правил не изменяются. Итерационная процедура настройки продолжается пока невязка превышает заранее установленное значение. Для настройки функций принадлежности кроме метода обратного распространения ошибки могут использоваться и другие алгоритмы оптимизации, например метод Левенберга – Марквардта.

На сегодняшний момент существует большое количество различных подходов к нейро-нечеткому прогнозированию временных рядов, в частности для обучения подобных сетей применяются генетические алгоритмы, методы роевой оптимизации, а также различные гибридные методы. Китайские ученые [1] представили собственную модель прогнозирования финансовых потоков в банковской сфере с использованием модифицированного алгоритма роевой оптимизации, который называется APAPSO (Adaptive Population Activity PSO). Ввиду того, что использование традиционных методов не дает стабильных результатов прогнозирования, ученые предложили гибридный алгоритм обучения на основе APAPSO алгоритма в сочетании с

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (16-37-50023 и 14-07-00603).

методом наименьших квадратов. В сравнительных экспериментах, разработанный алгоритм сравнивался со стандартным методом обратного распространения ошибки в сочетании с методом наименьших квадратов (LMS), а также с традиционным методом роевой оптимизации-LMS.

Для того чтобы избежать проблему, когда алгоритм попадает в локальный минимум и повысить его сходимость, метрическая функция популяции определяется на основании сходимости алгоритма PSO. Использование APAPSO алгоритма в соответствии с соотношением между разнообразием популяции и скоростью движения частиц. В данном алгоритме улучшен PSO алгоритм, веса настраиваются адаптивно на основе изменения функции разнообразия популяции, с тем чтобы улучшить разнообразие роя частиц и способность выходить алгоритму из локальных оптимальных решений.

Результаты продемонстрировали рост скорости оптимизации, по сравнению с традиционными алгоритмами, а также рост точности прогнозирования.

Ученые из США и Ирана [2] представили совместную работу по исследованию в области прогнозирования валютной пары доллар/иена. В своей работе исследователи сравнивают производительность ANFIS модели с разработанными ранее моделями традиционных нейронных сетей. Средние RMSE (табл. 1) и результаты лучше для ANFIS подхода, чем для Сугено-Ясукава, ИНС или нескольких подходов регрессии. Как видно в табл. 1, средняя квадратичная ошибка (RMSE) меньше всего у модели, основанной на ANFIS.

Исследователи пришли к выводу, что хоть и разница между традиционной ИНС и ANFIS системой невелика, но ANFIS система представляет собой гораздо более понятную для

человека систему и более удобна в использовании.

Индийские ученые [3] предложили гибридную модель прогнозирования, основанную на интеграции ANFIS и иммунного алгоритма для прогнозирования индийского фондового рынка. Для создания эффективной модели прогнозирования, ученые решили использовать искусственный иммунный алгоритм для настройки параметров функции принадлежности системы нечеткого вывода. В качестве входных данных для тестирования системы использовались данные дневных закрытий торгов на Национальной фондовой бирже Индии (NSE), а также известные технические индикаторы. На выходе получали прогноз будущего значения индекса NSE.

Алгоритм клонального отбора. Искусственный иммунный алгоритм является новым методом интеллектуальных вычислений, основанный на биологической иммунной системе человека. В данном исследовании ученые использовали иммунный алгоритм, называемый клональным отбором. Данный алгоритм работает как генетический алгоритм. Он симулирует естественные биологические клетки. Антитела закреплены на В-клетке, которая распознает антигены, поступающие из внешней среды. Также данный алгоритм клонирует больше антител с наиболее приспособленными антителами для уничтожения антигена. Как результат, иммунная система продуцирует больше антител, чем антигенов. Базовые элементы в данном алгоритме – это антитела и антигены. В ANFIS антигены представляют входные данные с рынка акций, а антитела представляют собой нечеткие правила. Алгоритм применяется для обучения нечетких правил с наилучшей приспособленностью к данным рынка акций.

Результаты экспериментов сравнивались с другими моделями на основе мягких вычислений и фактическими данными с торгов. В итоге результаты эксперимента показали, что предложенная модель прогнозирования дала значительно более точные результаты прогнозирования в сравнении с традиционными моделями.

Несмотря на большое количество разнообразных подходов к обучению сетей, модификацией архитектуры и гибридизации нескольких методов, везде в основе лежат ANFIS модели. Каждое исследование продемонстрировало превосходство нейро-нечеткого подхода над традиционными нейронными сетями и другими статистическими методами.

3. Модулярные нейронные сети в задачах прогнозирования

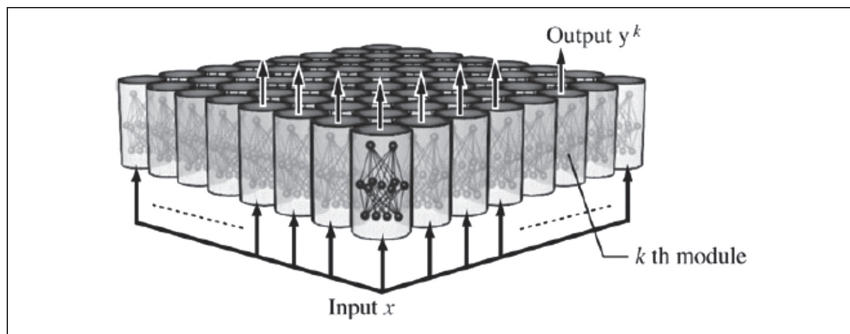
Самоорганизующиеся карты Кохонена (SOM) представляют собой алгоритм обучения без учителя для создания сохраняющих топологию отображений многомерных векторных данных в маломерные пространства карты и являются мощным инструментом, используемым во многих областях, таких как извлечение данных, анализ, классификация и визуализация. SOM применяются в различных областях, таких как веб-поиск, биоинформатика, финансы и их значимость продолжает расти. Однако, несмотря на растущую значимость, обычные SOM и большинство их расширений могут работать только с векторизованными данными. Если необходимо работать с не векторными данными, то нужно векторизовать данные заранее или изменить саму SOM так чтобы она была применима к этому типу данных. Таким образом, обобщающие семейства SOM это неизбежная задача описания SOM независимо от типа данных.

Идея модульной [4] SOM проста: каждый векторный модуль обычной SOM заменяется на обучаемый функциональный модуль, такой как нейронная сеть. Таким образом, архитектура mnSOM представляет собой соединение функциональных модулей на размещенных на решетке (см. рисунок). Функциональные

Таблица 1

Средняя квадратичная ошибка различных моделей прогнозирования

Модель прогнозирования	Правила	Итерации	RMSE
Множественная регрессия	–	10	7,9221
Нейронная сеть	–	10	2,8082
Сугено-Ясукава	6	10	4,8290
ANFIS	7	10	2,6301



Модульная нейронная сеть с модулями из многослойных персептронов

модули могут быть спроектированы так, чтобы удовлетворять конкретной задаче, в то время как основа алгоритма SOM остается нетронутой. Эта обобщенная стратегия обеспечивает как высокую степень гибкости устройства и высокую надежность SOM, поскольку mnSOM позволяет выбрать функциональные модули из огромного числа нейросетевых архитектур, которые предложены на данный момент и в тоже время последовательный метод расширения обеспечивает состоятельность теории, т.е. статистические свойства результатов. Кроме того, эта стратегия предоставляет функциональные возможности обработки данных для всех узловых единиц SOM. Таким образом, mnSOM может быть использована для объединения обработчиков данных после обучения. Это еще одно преимущество mnSOM.

В чистом виде самоорганизующиеся карты не подходят для прогнозирования, но благодаря проведенным модификациям можно получить сеть, способную давать качественный прогноз. Далее приведены некоторые типы модификаций для прогнозирования.

VQTAM – это модификация самоорганизующихся карт Кохонена, которая может быть применена для идентификации динамических систем. Вектор входных признаков $u(t)$ данной сети разделен на две части: $x^{in}(t)$, $x^{out}(t)$. Первая часть входных признаков $x^{in}(t)$ содержит информацию о входах динамического объекта и его предыдущих выходах. Вторая часть вектора входных признаков $x^{out}(t)$ содержит информацию о предполагаемом выходе данного динамического объекта, соответс-

твующем входам $x^{in}(t)$. Вектор весов разделен аналогичным способом [5]. Таким образом $x(t) = \begin{pmatrix} x^{in}(t) \\ x^{out}(t) \end{pmatrix}$ и

$w_i(t) = \begin{pmatrix} w_i^{in}(t) \\ w_i^{out}(t) \end{pmatrix}$, где $w_i(t)$ – вектор весов i -го нейрона, $w_i^{in}(t)$ часть вектора весов, содержащая информацию о входах процесса, а $w_i^{out}(t)$ – часть вектора весов, содержащая информацию о выходах процесса. Первая часть вектора входных признаков содержит информацию о входах процесса и его предыдущих выходах $x^{in}(t) = (y(t-1), \dots, y(t-n_y), u(t), u(t-1), \dots, u(t-n_u))$, где $n_y < T$, $n_u < T$.

Вторая часть вектора входных признаков $x^{out}(t) = y(t)$ содержит информацию о предполагаемом выходе данного процесса, соответствующем входам $x^{in}(t)$.

Каждый пример выборки состоит из пары векторов $(y(t), u(t))$ и выборка должна содержать не менее $\max(n_u, n_y)$ примеров. Вектора $y(t)$ представляют собой вектора входов процесса в момент времени t а $u(t)$ – вектора выходов этого процесса в тот же момент времени.

После подачи на вход сети очередного входного вектора $x(t)$, составленного из нескольких примеров обучающей выборки, нейрон-победитель определяется только по вектору $x^{in}(t)$

$$i^*(t) = \arg \min_i \|x^{in}(t) - w_i^{in}(t)\|,$$

где $i^*(t)$ – номер нейрона-победителя на шаге t .

Для изменения весов может быть применено модифицированное правило изменения весов для обычной SOM:

$$\Delta w_i^{in}(t) = \alpha(t)h(i^*, i, t)[x^{in}(t) - w_i^{in}(t)],$$

$$\Delta w_i^{out}(t) = \alpha(t)h(i^*, i, t)[x^{out}(t) - w_i^{out}(t)],$$

где $0 < \alpha(t) < 1$ – скорость обучения сети, а h – функция соседства нейрона i и i^* . В качестве функции соседства $h(i^*, i, t)$ может быть выбрана, например, Гауссова функция

$$h(i^*, i, t) = \exp \left\{ -\frac{\|r_i(t) - r_{i^*}(t)\|^2}{2\sigma^2(t)} \right\},$$

где $r_i(t)$ и $r_{i^*}(t)$ – положения на карте нейронов i и i^* соответственно, $\sigma(t) > 0$ – определяет радиус функции соседства на шаге t . После выбора нейрона-победителя i^* выход этого нейрона окрашивается вектором $w_{i^*}^{out}(t)$.

В режиме работы на вход VQTAM подается только вектор $x^{in}(t)$, для которого определяется нейрон-победитель и его выход окрашивается $w_{i^*}^{out}(t)$. Вектор $w_{i^*}^{out}(t)$ может быть интерпретирован, как предсказанный выход $\hat{y}(t)$ процесса объекта в момент времени t .

Нейронная модульная сеть [7], где в качестве модулей применены сети типа VQTAM (сеть SOMxVQTAM), обучается с помощью комбинации алгоритмов обучения модульной сети, а также по алгоритму обучения сетей типа VQTAM. На этапе обучения после подачи очередного обучающего примера на вход сети вычисляются выходы всех сетей типа VQTAM, использованных в качестве модулей, далее определяется модуль-победитель как модуль, выход которого минимально удален от ожидаемого выхода сети на представленном обучающем примере. После этого происходит подстройка весов сети типа VQTAM, находящейся в модуле-победителе, подстройка весов происходит по алгоритму подстройки весов сетей типа VQTAM. Далее набор весов данной сети рассматривается, как один весовой вектор модуля-победителя модульной карты, и происходит подстройка весов модульной карты по стандартным алгоритмам подстройки весов, применяемых при обучении нейронных карт Кохонена.

В случае с модульной сетью, где в качестве модулей применены сети типа RSOM (сеть SOMxRSOM), так

Таблица 2

№	Название алгоритма	SMAPE
1	Wildi	19,9
2	Andrawis	20,4
3	Vogel	20,5
4	D'yakov	20,6
5	Noncheva	21,1
6	Rauch	21,7
7	Luna	21,8
8	Lagoo	21,9
9	Wichard	22,1
10	Gao	22,3
--	SOMxVQTAM	23,4
11	Puma-Villanueva	23,7
--	VQTAM	23,9
12	Autobox (Reilly)	24,1
13	Lewicke	24,5
14	Brentnall	24,8
15	Dang	25,3
16	Pasero	25,3
17	Adeodato	25,3
--	RSOM	25,7
18	undisclosed	26,8
19	undisclosed	27,3
--	SOMxRSOM	27,9

же полученной в ходе данной работы, обучение происходит аналогичным образом.

Для экспериментов и сравнительного анализа алгоритмов сети типов VQTAM, RSOM, SOMxVQTAM и SOMxRSOM были запущены на выборках, использовавшихся в 2008 году для определения победителей на соревновании нейросетевых алгоритмов прогнозирования. Результаты этого соревнования были использованы в данном исследова-

нии, так как присутствует детальное описание методики определения места в таблице результатов, так же в соревновании приняло участие большое число различных алгоритмов прогнозирования, присутствует описание работы большинства из этих алгоритмов, а также выборки данных, на которых производилось тестирование этих алгоритмов, что позволяет провести сравнительный анализ описываемых в данной статье нейросетевых алгоритмов с другими передовыми методиками. Для определения места в таблице результатов организаторами данного соревнования было предложено провести прогноз на 56 шагов для каждой из 111 выборок. Для каждого из полученных прогнозов считалась симметричная средняя абсолютная процентная ошибка. Затем место в табл. 2 определялось по средней по всем 111 выборкам ошибке.

5. Заключение

Проведенное исследование показывает, что в современной обстановке на передний план выходят гибридные методы прогнозирования временных рядов, в частности с применением методов нечеткой логики, таких как ANFIS, подходы где используются гибридные алгоритмы обучения существенно превосходят аналоги, в которых используются традиционные методы обучения. Также, исследования в области модулярных нейронных сетей показали,

что данные методы имеют большой потенциал для применения их в прогнозировании, поэтому имеет смысл продолжить исследования в данном направлении.

Литература/References

1. Wang, J.-S.; Ning, C.-X. ANFIS Based Time Series Prediction Method of Bank Cash Flow Optimized by Adaptive Population Activity PSO Algorithm. Information 2015, 6, 300–313.
2. Alizadeh M. et al. Forecasting Exchange Rates: A Neuro-Fuzzy Approach // IFSA/EUSFLAT Conf. – 2009. – С. 1745–1750.
3. Gunasekaran, M. and Ramaswami, K.S., A Fusion Model Integrating ANFIS and Artificial Immune Algorithm for Forecasting Indian Stock Market (June 22, 2011). Journal of Applied Sciences, 11(16): pp. 3028–3033.
4. Tokunaga et al., 2009] Tokunaga K., Furukawa T. Modular network SOM – Neural Networks. №22, 2009. Pp 82–90.
5. Koskela T. Neural network methods in analyzing and modelling time varying processes – Espoo, 2003. Pp. 1–72.
6. Lotfi A., Garibaldi J. In Applications and Science in Soft Computing, Advances in Soft Computing Series Springer, 2003. Pp. 3–8.
7. A. Averkin, V. Albu, Veaceslav, S. Ulyanov and others. Dynamic object identification with SOM-based neural networks. In: Computer Science Journal of Moldova, 2014, nr. 22 1/64, pp. 110–126.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СУЩНОСТИ ПОНЯТИЯ «ФИНАНСОВАЯ КРИПТОГРАФИЯ» НА ОСНОВЕ 20-ЛЕТНЕЙ ТЕМАТИКИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «FINANCIAL CRYPTOGRAPHY AND DATA SECURITY»

УДК 330.46, 336.717

Александр Алексеевич Варфоломеев,

к. ф.-м. н., доцент кафедры Информационная безопасность Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана (МГТУ)
Тел.: (495) 263 69 36
Эл. почта: a.varfolomeev@mail.ru

В статье рассматривается понятие «финансовая криптография», появившееся в 1997 году в названии одноименной конференции и используемое за рубежом до настоящего времени наряду с такими понятиями как «квантовая криптография», «пост-квантовая криптография», «низкоресурсная (легковесная) криптография» и др. Основное внимание уделяется изменяющимся отличительным особенностям понятия «финансовая криптография», выделяющим это понятие из всей криптографии.

Ключевые слова: информационная безопасность, криптография, финансовая криптография, электронные платежные системы, электронный бизнес, защита данных.

Alexander A. Varfolomeev,

PhD in Math, Docent, the Department of Information Security, Bauman Moscow State Technical University (BMSTU)
Tel.: (499) 263 69 36
E-mail: a.varfolomeev@mail.ru

ANALYSIS OF THE CHANGE OF THE CONCEPT «FINANCIAL CRYPTOGRAPHY» ON THE BASIS OF 20 YEARS SUBJECTS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE «FINANCIAL CRYPTOGRAPHY AND DATA SECURITY»

The article discusses the concept of «financial cryptography», which appeared in 1997 in the eponymous conference title and used abroad to date along with concepts of «quantum cryptography», «post-quantum cryptography», «lightweight cryptography» and other. The focus is on changing the distinctive features of the concept of «financial cryptography» distinguishing it from the concept of the entire cryptography.

Keywords: information security, cryptography, financial cryptography, electronic payment systems, e-business, data protection.

1. Введение

Термин «финансовая криптография» появился в 1997 году в связи с проведением Первой Международной конференцией «Financial Cryptography» (далее – FC) и до сих пор очень широко используется за рубежом. В меньшей степени этот термин используется в России. Термин ввел по всей видимости Роберт Хеттинг (Robert Hettinga). В феврале 2016 года прошла уже 20-я конференция, но уже с несколько измененным названием «Financial Cryptography and Data Security» (далее – FC& DS). Создана Международная ассоциация по финансовой криптографии (International Financial Cryptography Association – IFCA). Все это говорит о том, что термин не случаен, он прижился и используется. Но даже беглое знакомство с тематикой прошедших конференций говорит о том, что под этот термин подводились в разное время разные направления криптографических исследований, менялась сущность или содержание понятия, обозначаемого данным термином. В связи с этим целью данной работы является рассмотрение границ данной области, ее пересечения с другими областями криптографии и информационной безопасности.

2. Предпосылки появления термина, первоначальный смысл понятия, динамика изменения тематики конференции

В первом приглашении на конференцию FC 97 ее организаторы предлагали обсудить вопросы безопасности финансовых операций (transactions) в электронном (цифровом) виде. Напомним, что согласно, например, Словарю юридических и финансовых терминов, «...Финансовые операции – сделки и другие действия граждан или юридических лиц с финансовыми средствами независимо от формы и способа их осуществления...».

Конечно, основное внимание было сделано на «сделки и другие действия» в электронном (цифровом) виде.

В свою очередь, «...Финансовые средства – деньги (банкноты и металлические монеты) в валюте любой страны, государственные облигации, облигации, векселя, чеки, депозитные и сберегательные сертификаты, банковские сберегательные книжки на предъявителя, коносаменты, акции, приватизационные ценные бумаги, дебетовые и кредитовые пластиковые карточки или иные документы, удостоверяющие право на владение или передачу денежных средств, имущества, имущественных прав, реализация которого возможна только при предъявлении таких документов...».

Сразу обращает на себя внимание то, что само название конференции «Финансовая криптография» предполагает рассмотрение обеспечения безопасности финансовых операций только криптографическими методами. Можно было бы ограничиться именно этим определением. Но создатели конференции предполагали рассматривать вопросы безопасности шире. В том же приглашении на конференцию говорилось, что целью конференции было собрать вместе как специалистов в финансовой области, так и в области безопасности данных (data security) для обмена идеями. Таким образом, именуясь как «финансовая криптография», по сути конференция собиралась рассматривать «безопасность финансовых операций», что обеспечивается не только криптографическими методами.

И действительно, при подавляющем количестве технических докладов на FC 97, один из докладов был посвящен правовым вопросам в области

криптографии, которых накопилось много. Это вопросы экспорта криптографических средств, использования цифровых подписей.

Важно посмотреть на тематику первых конференций.

Большое внимание на FC 97 уделялось вопросам анонимности электронных денег. Если бумажные деньги легко обеспечивают анонимность плательщика, то в электронном мире обеспечить анонимность электронных денег могла только криптография. Интересно, что доклад, представленный на этой конференции Р. Райвестом о перспективах «финансовой криптографии», был далее им пересмотрен в аналогичном докладе на той же конференции 2006 года. В этом докладе он делает вывод, что в дальнейшем анонимность платежей будет реализовываться на практике только для микроплатежей, для очень малых сумм (доли цента, рубля, ...). Анонимность платежей на большие суммы будет запрещена нормативными правовыми актами.

Возможно, чтобы сделать анонимность более приемлемой появилось понятие «отзываемой анонимности (ограниченной анонимности)», когда при определенных условиях можно восстановить личность анонима, выполнившего платеж или другие действия. Далее в перечне тем конференции значится тема «Анонимность», без указания конкретных схем или систем. Анонимность является одним из аспектов безопасности наряду с такими, как секретность, целостность, подлинность, неотказуемость (невозможность отказа от выполненных действий), которыми традиционно занималась криптография.

Многие связывают появление самой конференции с именем Д. Чаума (D. Chaum), который предложил схему подписи вслепую (Blind signature), обеспечивающую анонимность автора документа от подписывающего документ своей подписью третьего лица и используемую в схемах электронных денег и схемах электронного тайного голосования.

Появившись в середине 1990-х схемы микроплатежей в своей истории прошли как падения, связанные с успешными атаками на их безо-

пасность, так и взлеты, связанные с появлением новых безопасных схем. Тематика микроплатежей остается до сих пор актуальной. Интенсивность исследований в этой области большая.

Следует отметить, что среди объявленных для обсуждения на конференции тем некоторые не несли специфическую связь с финансовыми операциями, а имели более широкое применение в системах безопасности. Например, такие темы как «аутентификация», «безопасность связи», «обусловленный доступ», «защита от копирования», «защита авторских прав», «электронное голосование». Наиболее явную связь с финансовыми операциями имеют темы «анонимные платежи», «кредитные / дебетовые карты», «обмен валют», «цифровая наличность (Digital Cash)», «перевод электронных денег», «электронные кошельки», «электронные бумажники», «микроплатежи», «интеллектуальные карты», «сетевые платежи», «домашний банкинг». Некоторые темы занимали промежуточное положение между финансами и криптографией. Например, «стойкость к подделке», «цифровые подписи», «цифровые квитанции». С одной стороны, не важно, какой электронный документ подписывать (то есть универсальность), с другой стороны цифровая подпись используется в электронном платежном документе. Уже на первых конференциях было заявлено о возможности рассмотрения «правовых вопросов», «вопросов регулирования», но в представленных в программе докладах их мало.

Тематика FC 98 помимо ожидаемых докладов о электронных платежных системах, содержит доклады об Интернет-коммерции (WWW-commerce) и электронной коммерции (E-commerce). Электронная коммерция, как сфера экономики, включает в себя и все финансовые, и все торговые операции (транзакции), осуществляемые при помощи компьютерных сетей, а также все бизнес-процессы, связанные с проведением таких транзакций. К электронной коммерции относят: электронный обмен информацией (Electronic Data Interchange, EDI),

электронное движение капитала (Electronic Funds Transfer, EFT), электронную торговлю (e-trade), электронные деньги (e-cash), электронный маркетинг (e-marketing), электронный банкинг (e-banking), электронные страховые услуги (e-insurance). Таким образом, тематика уже выходит за рамки финансовых операций и ее в пору называть «коммерческой криптографией». Далее эта тематика присутствует на всех конференциях.

Появляется тема «цифровых водяных знаков» (Digital Watermarks).

Конференция FC 99 уже организуется Международной ассоциацией по финансовой криптографии (the International Financial Cryptography Association (IFCA)). Новым является появление в докладах тем по защите интеллектуальной собственности, информационной экономике, электронным аукционам, анонимным инвестициям. Продолжается тема по цифровым подписям, именно по схемам «групповой подписи», предоставляющей подписавшему ограниченную анонимность. Отдельная секция на FC 99 посвящена стеганографии, что неожиданно.

FC 00 уже объявляется конференцией по безопасности финансовой информации и цифровой коммерции. Новой тематикой становится «безопасное подписание контракта», «электронное голосование» и «электронные лотереи». Присутствует тематика по инфраструктуре открытых ключей, которая больше присуща для конференций по криптографии.

Такие темы, как «управление рисками», «управление доверием» также можно отнести к универсальным вопросам информационной безопасности, которые конечно имеют место при финансовых операциях. Уделено внимание и техническим средствам защиты авторских прав (DRM – Digital rights management). Из криптографических тем появляется тема «многосторонних безопасных вычислений» (secure multiparty computation).

На конференции FC 03 появляется тема «экономики безопасности». Тема «Честный обмен» представлена «честным обменом цифровыми подписями».

2005 год стал знаковым для конференции – она поменяла название на «Финансовая криптография и безопасность данных» (Financial Cryptography and Data Security), чтобы охватить все вопросы безопасности транзакций и систем. Фактически название стало больше отражать тематику конференции, но не полностью. Видимо было желание сохранить узнаваемость конференции, не изменяя полностью название.

На FC&DS 09 появляется тема «обнаружения мошенничества» (Fraud Detection). Слово «фрод» стало часто употребляться и в русском языке, а борьба с фродом присутствовать при проведении финансовых (банковских) операций. Большое место на FC 2009 было уделено также «Экономике информационной безопасности».

Новым для конференции FC&DS 10 стали вопросы безопасности электронных паспортов (e-Passports) и низкоресурсной (легковесной) криптографии (Lightweight Cryptography), имеющие самостоятельное значение и применение.

Среди тем FC & DS 11 надо выделить протоколы «безопасного ознакомления с информацией» (Private Information Retrieval), позволяющие эффективно скачивать разделы баз данных с финансовой информацией без раскрытия для держателей этих баз, что скачивается.

На применение криптографических схем и протоколов в финансовой области существенное влияние оказывает развитие методов атак, не все из которых представлены на данной тематической конференции. Например, на FC & DS 11 рассматривается атака на протокол SSL, но атака «POODLE», разработанная в 2014 году и положившая конец широкому использованию известных протоколов SSL и протокола TLS версии ниже 1.1, не представлена на конференции.

В 2012 году с опозданием впервые на конференции стала присутствовать тематика широко известной в настоящее время криптовалюты Биткоин (bitcoin), использующей технологию Блокчейна (криптографические хэш функции). Наблюдается запаздывание в рассмотрении

проблем криптовалюты Биткоин и на криптографических конференциях. Первая работа с описанием Биткоин за авторством Сатоши Накамото появилась в 2008 году. Еще раньше, как считается, представили свои работы по близкой тематике Дэвид Чаум, Стефан Брандс, Адам Бэк, Вей Даи, Ник Забо, Хал Финней. Но именно в это время эта криптовалюта стала заметным явлением. Далее тема Биткоин присутствует на всех последующих конференциях FC&DS.

На конференции FC&DS 2016 с докладом «Финансовая криптография: прошлое, настоящее и будущее» выступил Ади Шамир и сформулировал 15 предложений – прогнозов. Большинство из них более связано с проблемами криптографии и информационной безопасности в целом. Например, что алгоритмы AES и SHA-2/3 останутся безопасными (в отличие от RC4 и SHA-1), размер ключей превысит 2048 бит до 4096, технология «Интернет вещей» будет не безопасной, кибервойны будут нормой при конфликтах, квантовые компьютеры для атак на RSA ключи созданы не будут, хотя правительства будут тратить большие деньги на исследования. Ближе всего к финансовой криптографии прогноз, что Биткоин исчезнет, но оставит наследие, а технология Блокчейн будет превозноситься, но успешно применяться в ограниченных условиях. Повторяет Шамир и давний прогноз Райвеста о том, что правительства не потерпят анонимности. Наконец, Шамир предсказывает бесконечный поток новых платежных механизмов, что звучит оптимистично для исследователей и практиков финансовой криптографии.

3. Финансовая криптография в российских условиях

Наиболее близкой по тематике к международной конференции «Финансовая криптография и безопасность данных» является конференция РусКрипто, проводимая в нашей стране с 1999 года. На ней присутствует как криптографическая секция, так и секции, рассматривающие вопросы применения криптографии, вопросы информационной безопасности новых технологий,

правовые и организационные вопросы, вопросы разработки и внедрения новых международных и отечественных стандартов и рекомендаций.

Близкими по тематике являются также следующие конференции:

Конференция «Информационная безопасность платежных систем. PCI DSS Russia»;

Международная конференция по проблематике инфраструктуры открытых ключей и электронной подписи. «PRI-Форум Россия»;

Форум Ассоциации Защиты Информации «Актуальные вопросы информационной безопасности»;

Уральский форум «Информационная безопасность банков», проводимый при официальной поддержке Банка России.

В настоящее время в России регулируется и криптография и информационная безопасность, а также банковское дело, включая перевод денежных средств. Уже принятые нормативные документы накладывают свои ограничения на применение мер безопасности в этих областях. Не имея возможности перечислить все нормативные акты, можно упомянуть в качестве примеров Федеральный закон от 27 июня 2011 г. № 161-ФЗ «О национальной платежной системе», Положение Банка России от 9 июня 2012 г. № 382-П, Постановление Правительства РФ от 16 апреля 2012 г. № 313. Развивается система стандартов и лучших практик. Здесь особо надо упомянуть Банк России, создавший стандарт СТО БР ИББС-1.0. По-прежнему действует обязательный стандарт по пластиковым картам PCI DSS 3.2, обновивший свою версию в апреле 2016 года. Но все же можно сказать, что в основном финансовая криптография у нас в стране представлена банковской сферой деятельности.

В настоящее время идет дискуссия о создании российской криптовалюты. Отечественная криптография может предоставить необходимые средства. Но если использование технологии Блокчейна не вызывает сомнения, то по поводу анонимности и контролируемости эмиссии криптовалюты в прессе высказываются различные мнения. Пока трудно сказать, какой будет

российская криптовалюта, но она по-видимому будет и надо готовить-ся к ее появлению.

4. Заключение

Конференция, давшая название термину «Финансовая криптография», давно расширила тематику своих докладов, и, хотя изменила свое название на «Финансовая криптография и безопасность данных», по сути рассматривает вопросы безопасности электронной коммерции, включающей финансовые операции.

Но понятие и термин «финансовая криптография» имеет под собой конкретную основу, которую можно определить как обеспечение информационной безопасности финансовых операций в электронном (цифровом) виде криптографическими методами, включая разработку и анализ криптографических схем и протоколов в области электронных платежей (микроплатежей), электронных денег, криптовалют, применения интеллектуальных карт, цифровых водяных знаков, электронных аукционов, специальных схем цифровой(электронной) подписи, с учетом отечественных и международных стандартов и рекомендаций.

Область применения «финансовой криптографии» существенно изменилась с момента возникновения этого понятия. Если ранее криптография обеспечивала безопасность операций с финансовыми средствами, представленными в электрон-

ной форме, то в настоящее время, помимо этого, криптография сама предоставляет финансовые средства в виде криптовалют, не имеющие физической основы в реальном мире.

Без применения криптографии решить вопросы безопасности в финансовой сфере просто невозможно. Но криптографические методы, как и все другие технические методы защиты информации, должны на практике рассматриваться и применяться вместе с организационными и правовыми методами. Но это предмет отдельного рассмотрения.

В дальнейшем понятие «финансовая криптография» следует различать с понятиями «коммерческая криптография», «промышленная криптография», «бизнес криптография» и другими, которые могут включать разделы «финансовой криптографии».

Литература

1. Анохин М.И., Варновский Н.П., Сидельников В.М., Ященко В.В. Криптография в банковском деле. – М.: МИФИ, 1997. 274 с.
2. Отставнов М. Финансовая криптография для «чайников» // Конфидент. – 1999. – № 6.
3. Варфоломеев А.А., Запечников С.В., Маркелов В.В., Пеленицын М.Б. Интеллектуальные карты и криптографические особенности их применений в банковском деле: учебное пособие. – М.: МИФИ, 2000. – 188 с.

4. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Электронный ресурс]. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата обращения: 07.06.2016).

5. Rosenberg B. Handbook of Financial Cryptography & Data Security. – CRC Press, 2011. – 612 p.

6. Сычев А.М., Ревенков П.В., Дудка А.Б. Безопасность электронного банкинга. – М.: РФК – Имидж Лаб, 2016. – 188 с.

References

1. Anohin M.I., Varnovskij N.P., Sidel'nikov V.M., Jashhenko V.V. Kriptografija v bankovskom dele. – М.: МИФИ, 1997. 274 s.
2. Otstavnov M. Finansovaja kriptografija dlja «chajnikov» // Konfident. – 1999. – № 6.
3. Varfolomeev A.A., Zapechnikov S.V., Markelov V.V., Pelenitsyn M.B. Intellektual'nye karty i kriptograficheskie osobennosti ih primenij v bankovskom dele: uchebnoe posobie. – М.: МИФИ, 2000. – 188 s.
4. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Электронный ресурс]. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата обращения: 07.06.2016).
5. Rosenberg B. Handbook of Financial Cryptography & Data Security. – CRC Press, 2011. – 612 p.
6. Sychev A.M., Revenkov P.V., Dudka A.B. Bezopasnost' jelektron-nogo bankinga. – М.: RFK – Imidzh Lab, 2016. – 188 s.

О ВЗАИМОСВЯЗИ ФГОС И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ

УДК 004.021

Михаил Самуилович Гаспарян,
к.э.н., доцент, РЭУ им. Г.В. Плеханова
Эл. почта: Gasparian.MS@rea.ru

Сергей Аркадьевич Лебедев,
к.э.н., РЭУ им. Г.В. Плеханова,
Эл. почта: Lebedev.SA@rea.ru

Юрий Филиппович Тельнов,
д.э.н., профессор, РЭУ им. Г.В. Плеханова,
Эл. почта: Telnov.YUF@rea.ru

В статье рассматриваются вопросы разработки методики установления соответствия компетенций ФГОС и характеристик трудовых функций профессиональных стандартов (ПС). Делается попытка сформулировать интегрированную концептуальную модель взаимосвязи компонентов ФГОС и ПС как основу для построения репозитория учебных объектов.

Ключевые слова: профессиональный стандарт, образовательный стандарт, информационно-образовательное пространство, компетенции, репозиторий учебных объектов, трудовые функции, трудовые действия, знания, умения.

Mikhail S. Gasparian,
Cand. Sc. (Economics), Plekhanov
Russian University of Economics
E-mail: Gasparian.MS@rea.ru

Sergey A. Lebedev,
Cand. Sc. (Economics), Plekhanov
Russian University of Economics
E-mail: Lebedev.SA@rea.ru

Yuri F. Telnov,
Doct. Sc. (Economics), Professor,
Plekhanov Russian University of
Economics
E-mail: Telnov.YUF@rea.ru

ABOUT INTERRELATION OF THE EDUCATIONAL AND PROFESSIONAL STANDARDS

The article discusses the development of the methodology for determination of conformity of competencies of the educational standards and the characteristics of the labor functions of the professional standards (PS). The attempt is making to formulate an integrated conceptual model of the interrelation of the components of the educational and professional standards as the basis for building a repository of learning objects.

Keywords: professional standard, educational standard, informational-educational space, competences, the learning objects repository, labor functions, labor actions, knowledge, skills.

1. Введение

Современный этап развития образования в нашей стране на первый план выдвигает необходимость стандартизации требований к квалификации специалистов. Разработанные Министерством труда и социального развития профессиональные стандарты (ПС) во многом способствуют решению этой важной народнохозяйственной задачи. Однако многообразие обобщенных трудовых функций, а также связанных с ними трудовых функций и их квалификационных характеристик в виде трудовых действий, знаний и умений не дает возможности однозначно соотнести потребности бизнеса с результатами обучения в виде общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, которыми овладевают студенты по программам среднего и высшего образования. Решению этой проблемы, на наш взгляд, могла бы способствовать разработка единой методики установления соответствия достигнутого уровня квалификации выпускника вуза тем требованиям, которые заложены в профессиональных стандартах.

Разработка такой методики на начальном этапе требует, на наш взгляд, дальнейшего развития концептуальной модели информационно-образовательного пространства, предложенной, в частности, в работе [1], основу которой составили бы как компоненты ФГОС, так и компоненты ПС, во взаимосвязи которых было бы возможным разработать репозиторий учебных объектов. Такой репозиторий мог бы явиться надежным и независимым инструментом для автоматической генерации требований к тому или иному виду профессиональной деятельности и уровню квалификации обучаемого во взаимосвязи с необходимыми для его достижения учебными объектами, оценочными средствами, дисциплинами и модулями учебного плана, составляющими образовательную программу. Такой подход, на наш взгляд, будет способствовать существенной корректировке образовательных программ в русле удовлетворения требованиям современной экономики.

2. Роль направления высшего образования «Прикладная информатика» в подготовке кадров для ИТ-индустрии

Направление подготовки кадров высшей квалификации по направлению «Прикладная информатика» занимает устойчивую нишу в области ИТ-сферы. К ключевым компетенциям, формируемым в рамках этого направления и отличающимся от других направлений высшего образования, относятся способности выпускников вузов:

- проводить системный анализ прикладной области, формулировать требования к автоматизации и информатизации решения прикладных задач и их реализовывать с помощью специфических для этой области информационно-коммуникационных технологий;
- осуществлять управление информационными ресурсами и знаниями для информатизации предприятий и организаций;
- выполнять проектную, организационно-управленческую, производственно-технологическую, аналитическую, научно-исследовательскую работы на различных стадиях жизненного цикла создания и эксплуатации информационной системы;
- осуществлять деятельность как в организациях, разрабатывающих информационно-коммуникационные технологии, так и в организациях, их внедряющих и эксплуатирующих.

Выпускник высшего учебного заведения по направлению «Прикладная информатика» способен решать широкий круг задач создания, внедрения, сопровождения и эксплуатации информационных систем в различных прикладных областях, реализуя связующие и интегрирующие функции во взаимодействии заказчиков автоматизации обработки информации и инженерного персонала, решающего технические задачи. При этом бакалавры прикладной информатики в большей степени ориентированы на проектно-техноло-

гическую работу, а магистры – на организационно-управленческую, аналитическую и исследовательскую деятельность. Отличительной особенностью данного направления подготовки является его ярко выраженная практическая направленность, что делает это направление чрезвычайно востребованным на рынке труда, о чем свидетельствует хорошее трудоустройство выпускников и положительные отзывы со стороны предприятий и организаций.

Одним из важных конкурентных преимуществ данного направления является сильная составляющая ФГОС и учебных планов, связанная с глубоким изучением студентами дисциплин конкретной предметной области применения информационно-коммуникационных технологий и разработки проектов автоматизации решения прикладных задач. У каждой области применения прикладной информатики есть свои специфические особенности использования современных информационных технологий, связанные не только с экономическими аспектами управления предприятиями и организациями, но и конкретными технологическими особенностями их функционирования.

Опыт трудоустройства выпускников по направлению «Прикладная информатика», показал устойчивый спрос на этого рода ИТ-специалистов на рынке труда во всех регионах РФ по всему спектру утвержденных областей применения. Достаточно сказать, что направление «Прикладная информатика» открыто в более чем в 300 вузах (профили подготовки: экономика, инжиниринг предприятий и управление бизнес-процессами, корпоративные информационные системы, юриспруденция, территориально-распределённые информационные системы государственного и корпоративного управления и многие другие).

Таким образом, развитие практико-ориентированного профессионального образования в области создания и применения информационно-коммуникационных технологий в различных прикладных областях служит основой для пополнения ИТ-индустрии высококвалифицированными кадрами, способными решать сложные информационные задачи.

3. Построение концептуальной информационно-логической модели взаимосвязи компонентов ФГОС и профессиональных стандартов

Анализ структуры профессиональных стандартов показал, что в целом сформулированные характеристики трудовых функций, связанные с определенными трудовыми действиями, знаниями и умениями, соответствуют сформулированным во ФГОС компетенциям [2,3]. Однако для более детального анализа и установления соответствия характеристик трудовых функций из профессиональных стандартов и компетенций из ФГОС, выраженных через знания, умения и навыки, сформулированные в рабочих программах дисциплин, необходимо построить концептуальную информационно-логическую модель, выделив и более подробно рассмотрев основные компоненты информационно-образовательного пространства во взаимосвязи профессиональных и образовательных стандартов.

Перечислим основные компоненты предлагаемой модели.

ФГОС. Основными характеристиками данного компонента модели являются:

- код направления подготовки;
- код уровня обучения;
- квалификация по диплому;
- № и дата приказа о вводе в действие;
- текст.

Направление подготовки. Характеристики:

- код направления подготовки;
- наименование направления подготовки.

Уровень обучения. Характеристики:

- код уровня обучения;
- наименование уровня обучения.

Вид профессиональной деятельности (сформулированный в ПС). Характеристики:

- код вида профессиональной деятельности;
- формулировка вида профессиональной деятельности в ПС.

Компетенция обучаемого. Характеристики:

- код компетенции;
- формулировка компетенции.

Компетентностная модель ФГОС. Характеристики:

- код компетенции;
 - код ФГОС (код направления подготовки);
 - шифр компетенции по ФГОС.
- Дисциплина.** Характеристики:
- код дисциплины;
 - название дисциплины.

Уровень квалификации (из ПС). Характеристики:

- код уровня квалификации;
- описание уровня квалификации.

Тип результата обучения (эквивалент типа характеристики трудовой функции). Характеристики:

- код типа результата обучения;
- наименование типа (возможные значения – знание, умение).

Результат обучения (эквивалент характеристике трудовой функции). Характеристики:

- код результата обучения;
- код уровня квалификации (из ПС);
- код типа результата обучения;
- формулировка результата обучения.

Необходимо отметить, что формулировка результата обучения – это характеристика трудовой функции (знание или умение), выбираемая из ПС.

Профессиональный стандарт. Характеристики:

- код ПС;
- наименование ПС;
- код вида профессиональной деятельности;
- формулировка в ПС основной цели вида профессиональной деятельности.

Обобщенная трудовая функция (ОТФ). Характеристики:

- код ОТФ;
- наименование ОТФ;
- код уровня квалификации.

Трудовая функция (ТФ). Характеристики:

- код ТФ;
- наименование ТФ.

Требование к квалификации. Характеристики:

- код ПС;
- код ОТФ;
- код ТФ;
- код результата обучения (характеристики ТФ);
- код компетенции.

Учебный объект. Характеристики:

- код учебного объекта;
- название учебного объекта;
- код типа учебного объекта;

- код типа файла с информацией;
- код типа формата носителя информации;
- код требуемого ПО для работы с информацией.

Тип учебного объекта. Характеристики:

- код типа учебного объекта;
- наименование типа учебного объекта.

Возможными типами учебного объекта могут быть такие типы как учебник, учебное пособие, методические указания, текст лекций, практикум, эссе, кейс и т.п.

Тип файла с информацией. Характеристики:

- код типа файла с информацией;
- наименование типа файла с информацией.

Возможными типами файлов с информацией по учебному объекту могут быть текст, таблица, картинка, видео информация, аудио информация, файл базы данных, файл программы и т.п.

Тип формата носителя информации. Характеристики:

- код типа формата носителя информации;
- наименование типа формата носителя информации.

Возможными типами форматов носителей информации могут быть такие типы как xml, html, rtf, txt, doc, xls, ppt, jpeg, bmp, avi и т.п.

Требуемое ПО для работы с информацией. Характеристики:

- код требуемого ПО для работы с информацией;
- название требуемого ПО для работы с информацией;

Оценочное средство. Характеристики:

- код оценочного средства;
- наименование или словесное описание оценочного средства;
- код типа оценочного средства;
- код типа файла с информацией;
- код типа формата носителя информации;
- код требуемого ПО для работы с информацией.

Тип оценочного средства. Характеристики:

- код типа оценочного средства;
- Наименование типа оценочного средства.

Возможными типами оценочных средств могут быть такие типы как тест, вопрос форума, задача, экзаменационный вопрос, задание

для написания эссе или реферата, вопрос для коллоквиума, задание на лабораторную работу или курсовой проект, вопрос для зачета, описание задания для контрольной работы, типового расчета, творческое задание и т.п.

Оценка результата обучения. Характеристики:

- код дисциплины;
- код учебного объекта;
- код ФГОС;
- код компетенции;
- код результата обучения;
- код оценочного средства.

4. Заключение

Анализ применения данной модели показал необходимость в общем случае различной детализации одной и той же компетенции из ФГОС до уровня знаний и умений, сформулированных в соответствии с трудовыми функциями ПС, в зависимости от анализируемого профессионального стандарта. Так как одна и та же компетенция может быть сформирована с учетом различных требований к результатам обучения (характеристикам трудовых функций) по-разному для разных профессиональных стандартов, следовательно, необходимо использовать в общем случае различные учебные объекты и оценочные средства, что и предусмотрено в модели.

Таким образом, на основе анализа современных тенденций развития образования, можно предположить, что уже в ближайшее время, в сфере высшего и среднего профессионального образования будет наблюдаться интенсивный переход от жестко регламентированного мульти-дисциплинарного подхода в построении образовательных программ к подходу, основанному на рациональной, избирательной компоновке учебных объектов в виде образовательных модулей, полностью покрывающих потребности работодателей в тех или иных обобщенных трудовых функциях в соответствии с видом профессиональной деятельности и требуемым уровнем квалификации. И в этом смысле предлагаемый подход представляется весьма полезным.

Литература

1. Тельнов Ю.Ф., Гаспариан М.С. и др. Реализация процессов

учебно-методического обеспечения в интегрированном информационно-образовательном пространстве на основе сервисной архитектуры // Журнал «Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО», № 1, 2015, с. 198–205.

2. Диго С.М., Долгов В.В., Дорошина И.В., Ивлиев М.К. Опыт практико-ориентированного обучения студентов технологиям и программам фирмы «1С» // Новые информационные технологии в образовании: применение технологий «1С» в условиях модернизации экономики и образования. Сборник научных трудов 16-й международной научно-практической конференции. Часть 1. 2016. С. 24–26.

3. Коняшина Г.Б. Роль профессиональных стандартов в разработке образовательных стандартов // Новые информационные технологии в образовании: применение технологий «1С» в условиях модернизации экономики и образования. Сборник научных трудов 16-й международной научно-практической конференции. Часть 1. 2016. С. 66–69.

References

1. Telnov Y.F., Gasparian M.S. and others. Implementation of processes of learning and methodological support of integrated informational-educational space based on the service architecture // Journal «Economics, statistics and Informatics. Vestnik UMO, No. 1, 2015, pp. 198–205.

2. Digo S.M., Dolgov V.V., Doroshina I.V., Ivliev M.K. Experience in practice-oriented student learning of technologies and programs of 1C Company // New information technologies in education: application of technologies of «1C» in the conditions of modernization of economy and education. Collection of scientific papers of the 16th international scientific-practical conference. Part 1. 2016. pp. 24–26.

3. Konyashina G.B. The role of professional standards in the development of educational standards // New information technologies in education: application of technologies of «1C» in the conditions of modernization of economy and education. Collection of scientific papers of the 16th international scientific-practical conference. Part 1. 2016. pp. 66–69.

ТЕОРИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ: ФОРМАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ

УДК 004.02

Георгий Николаевич Калянов,
д.т.н., профессор, зав. лаб. Института
проблем управления РАН
Тел.: (495) 334 91 01
Эл. почта: Kalyanov@mail.ru

Рассматриваются основные направления современной теории бизнес-процессов. По каждому из направлений приводится краткий обзор его основных моделей и методов.

Ключевые слова: процесс, бизнес-процесс, модель, инжиниринг/реинжиниринг, верификация, требования по автоматизации.

Georgiy N. Kalyanov,
Doctor of Engineering Science, Professor,
Institute of Control Sciences of Russian
Academy of Sciences
Tel.: (495) 334 91 01
E-mail: Kalyanov@mail.ru

THE THEORY OF BUSINESS PROCESSES: FORMAL MODELS AND METHODS

The basic directions of the modern theory of business processes. For each of these areas provides a brief overview of its main models and methods.

Keywords: process, business-process, model, engineering/reengineering, verification, requirements to automation.

1. Введение

Теория бизнес-процессов является одним из направлений теории процессов, в свою очередь, представляющей собой «раздел математической теории программирования, изучающий математические модели поведения динамических систем, называемых процессами» [1].

Формальный аппарат, лежащий в основе теории БП, базируется на следующих направлениях теории программирования:

- формальные грамматики и языки;
- параллельные процессы и методы распараллеливания;
- теория тестирования;
- методы оптимизации, верификации, анализа и оценки качества;
- теория баз данных и баз знаний;
- структурные методы анализа и проектирования.

В статье рассматриваются следующие разделы теории БП:

- типы и классы БП,
- модели БП (типы, виды, нотации),
- технологии моделирования,
- методы структурирования/декомпозиции,
- методы инжиниринга/реинжиниринга,
- методы анализа и верификации,
- методы перехода от моделей БП к требованиям по автоматизации БП.

2. Типы и классы БП

Имеется ряд классификаций БП (на основе их группирования по функциональному принципу, по назначению и т.д.), однако, их роль сводится лишь к помощи при структурировании бизнес-модели (фактически, на их основе строятся различные методики структурирования). В [2] выделен специальный класс БП – «конвейерные» процессы, который существенно шире множества «классических» конвейеров, и позволяет при этом вычислять основные характеристики процесса (в том числе и те, которые нельзя вычислить с помощью имитационного моделирования).

3. Модели БП

В качестве формальной модели БП в работе [3] предложен многоуровневый смешанный граф управления информационными объектами, бизнес-операциями и бизнес-функциями, содержащий различные типы узлов (функциональные, оргструктурные, ресурсные) и различные типы ребер (управляющих и информационных) для связей соответствующих узлов. Разработаны алгоритмы трансляции традиционных моделей БП (на языках DFD, IDEF0 и др.) в смешанные графы и обратно.

4. Технологии моделирования

Современные технологии моделирования БП базируются на следующих основных принципах:

1) Интеграция моделей различных видов, например, DFD-технология [4, 5] (интегрирующая диаграммы DFD, CFD, ERD, STD и спецификации процессов в различных нотациях), схема Захмана [6] и развивающая ее модель «3D-предприятие» [7], онтологическая модель Бунге-Ванда-Вебера [8] и др.

2) «Трансляция» статических моделей в динамические (прежде всего, в сети Петри [9, 10]), в качестве примеров коммерческих реализаций можно привести продукты Design/IDEF–Design/CPN, реализующие переход от IDEF0 к сети Петри, а также продукты CPN-AMI и INCOME, реализующие переход от DFD к сети Петри.

3) «Трансляция» моделей простейших видов в более «развитые», в частности, переход от IDEF0 или DFD к смешанному графу [3].

Среди формализованных технологий построения «правильной» модели следует отметить метод нормализации ERD с использованием нормальных форм Кодда [11], заключающейся в преобразовании схемы к наиболее простой 3НФ.

5. Методы структурирования/декомпозиции

В предложенном в [12] подходе процесс декомпозиции определяется как случайный процесс, доказывається возможность интерпретации процесса декомпозиции БП моделью ветвящегося процесса Гальтона-Ватсона, строится соответствующая вероятностная модель процесса декомпозиции, оценивается ожидаемое количество элементов функциональной модели БП, время проектирования сценариев (вариантов) БП, трудоемкость проектирования, глубина декомпозиции и т.п.

В [13] предложен метод построения модели БП, в котором в качестве необходимого условия разбиения сквозного БП на цепочку взаимодействующих подпроцессов рассматривается смена объекта управления процесса, а в качестве достаточного условия выступает перегруппировка потоков управления, доказано соответствие критериям «правильной» декомпозиции модели бизнес-процесса, разработанным на основе анализа онтологической модели Бунге-Ванда-Вебера.

В [3] введены метрики оценки качества декомпозиции, базирующиеся на общих свойствах «хорошей» системы – сцепление (механизм взаимодействия между компонентами БП) и связность (механизм внутренней структурной организации компоненты), предложено и ранжировано множество типов сцепления и связности, разработан метод оценки качества, обеспечивающий для любого БП определение типа его сцепления и связности, а также проектирование БП с заданным типом сцепления и связности.

6. Методы инжиниринга/реинжиниринга

В [14] предложен подход к инжинирингу предприятий на основе применения интеллектуальных технологий. Представлена эволюция этого направления в аспектах реинжиниринга и управления БП с использованием динамических интеллектуальных систем, имитационного моделирования и систем управления знаниями. Показана интеграционная парадигма инжиниринга предприятий, использующая методы стратегического инжиниринга на основе когнитивного и интеллектуального анализа данных, развития сервисно-ориентированных архитектур предприятий с использованием многоагентных технологий и онтологического инжиниринга предприятий.

В [3] предлагается формализованная методология инжиниринга/реинжиниринга, интегрирующим ядром которой является вышеприведенная графовая модель БП. Центральное место в методологии занимает метод проектирования сценариев БП на основе аппарата формальных грамматик БП, позволяющий, с одной стороны, расширить число анализируемых сценариев выполнения бизнес-процесса вплоть до их полного перебора, с другой стороны, автоматически отсеять большую часть сценариев, неприемлемых по ряду объективных и субъективных критериев.

7. Методы анализа и верификации

В рамках метода тестирования [3] предложена модель потоков данных БП, основанная на отношениях определения и использования информационных объектов при различных масках (определяющих, например, права доступа к данным). Предложенный метод тестирования позволяет обеспечить обнаружение специфических для бизнес-процессов ошибок в потоках данных, связанных с их обработкой под различными масками, обеспечивающими регламенты доступа, не обнаруживаемых другими известными методами тестирования; а также обеспечить выявление всех тех ошибок, обнару-

жение которых может производиться с помощью традиционных критериев, основанных на анализе графовых моделей объектов.

Метод статического анализа [3] обеспечивает автоматическое обнаружение ошибок в «статической семантике» БП.

Динамический анализ на базе сетей Петри является наиболее развитым направлением в данном разделе теории БП. На практике обычно применяются сложные и развитые сети Петри – иерархические, цветные/раскрашенные, многоместные, параллельные и др. Из исследований в данном направлении необходимо отметить работы [9, 10, 15], позволяющие решать ряд дополнительных задач помимо решения традиционных задач в рамках классической теории сетей Петри (достижимость и т.д.).

Методы оценки качества БП на базе метрик качества программного обеспечения разработаны магистрантами МФТИ в рамках подготовки магистерских диссертаций. Их идея заключается в формировании комплексного метода оценки на основе объемных и топологических метрик (таких как меры Холстеда, цикломатическая мера сложности Мак-Кейба, узловая мера, меры Хенри-Кафуры и др.) и процедур экспертного оценивания.

8. Методы перехода от моделей БП к требованиям по автоматизации БП

Одним из первых методов перехода от моделей БП к требованиям по их автоматизации являлся метод перехода от функциональной модели БП в виде иерархии DFD-диаграмм к структурным картам (моделям этапа проектирования системы автоматизации БП), предложенный в [16]. При этом исследования по оценке качества построенных моделей не проводились.

В [3] предложен метод формирования и анализа требований к системе автоматизации, основанный на модификации вышеприведенного графа БП. При этом исследование модели требований (редуцированного графа) и ее последующая оценка происходит по следующим направ-

лениям: расчет метрик сцепления и связанности, оценка соответствия модели БП, оценка по ряду критериев качества моделирования.

Литература

1. Миронов А.М. Теория процессов // Переславль-Залесский: Университет г. Переславля, 2008.

2. Куприянов Б.В. Моделирование конвейерных бизнес-процессов // Сборник трудов «Управление большими системами» / М.: 2010, вып. 28, с. 230–273.

3. Калянов Г.Н. Теория и практика реорганизации бизнес-процессов // М.: СИНТЕГ, 2000.

4. Gane C. Computer Aided Software Engineering: the Methodologies. N.J.: Prentice Hall, 1990.

5. Hatley D., Pirbhai I. Integrated Structured Analysis and Design. N.Y.: Dorset House, 1987.

6. Zachman J. A. A Framework for Information Systems Architecture // IBM Syst. J., 1987, vol. 26, №3, p. 276–292.

7. Зиндер Е.З. «3D-предприятие» – модель трансформирующейся системы // Директор ИС, 2000, № 4.

8. Wand Y., Weber R. An Ontological Model of an Information System // IEEE Transactions on Software Engineering, 1990, Vol. 16, № 11, p. 1282–1292.

9. Юдицкий С.А. Сценарный подход к моделированию поведения бизнес-систем // М.: СИНТЕГ, 2001.

10. Юдицкий С.А., Владиславлев П.Н. Основы предпроектного

анализа организационных систем // М.: СИНТЕГ, 2005.

11. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных // М.: Вильямс, 2006.

12. Циперман Г.Н. Стохастическая модель процесса идентификации сервисов информационной системы // Труды ИСП РАН, 2014, т. 26, вып.5, с. 7–28.

13. Фёдоров И.Г. Методология создания исполняемой модели и системы управления бизнес-процессами // М.: МЭСИ, 2015.

14. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов: компонентная методология // М.: Финансы и статистика, 2004.

15. Mendling J., Reijers H., Van der Aalst W. Seven Process Modeling Guidelines // Information and Software Technology, 2010, Vol. 52, № 2, p. 127–136.

16. Гейн К., Сарсон Т. Системный структурный анализ: средства и методы // М.: Эйтекс, 1992.

References

1. Mironov A.M. Teoriya processov // Pereslavl'-Zalesskiy: Universitet g. Pereslavlya, 2008.

2. Kupriyanov B.V. Modelirovanie konvejernyh biznes-processov // Sbornik trudov «Upravlenie bol'shimi sistemami» / M.: 2010, vyp. 28, s. 230–273.

3. Kalyanov G.N. Teoriya i praktika reorganizacii biznes-processov // M.: SINTEG, 2000.

4. Gane C. Computer Aided Software Engineering: the Methodologies. N.J.: Prentice Hall, 1990.

5. Hatley D., Pirbhai I. Integrated Structured Analysis and Design. N.Y.: Dorset House, 1987.

6. Zachman J. A. A Framework for Information Systems Architecture // IBM Syst. J., 1987, vol. 26, №3, p. 276–292.

7. Zinder E.Z. «3D-predpriyatie» – model' transformiruyushcheysya sistemy // Direktor IS, 2000, № 4.

8. Wand Y., Weber R. An Ontological Model of an Information System // IEEE Transactions on Software Engineering, 1990, Vol. 16, № 11, p. 1282–1292.

9. YUdickij S.A. Scenarnyj podhod k modelirovaniyu povedeniya biznes-sistem // M.: SINTEG, 2001.

10. YUdickij S.A., Vladislavlev P.N. Osnovy predproektnogo analiza organizacionnyh sistem // M.: SINTEG, 2005.

11. Dejт K. Dzh. Vvedenie v sistemy baz dannyh // M.: Vil'yams, 2006.

12. Ciperman G.N. Stohasticheskaya model' processa identifikacii servisov informacionnoj sistemy // Trudy ISP RAN, 2014, t. 26, vyp.5, s. 7–28.

13. Fyodorov I.G. Metodologiya sozdaniya ispolnyaemoj modeli i sistemy upravleniya biznes-processami // M.: MEHSI, 2015.

14. Tel'nov YU.F. Reinzhiniring biznes-processov: komponentnaya metodologiya // M.: Finansy i statistika, 2004.

15. Mendling J., Reijers H., Van der Aalst W. Seven Process Modeling Guidelines // Information and Software Technology, 2010, Vol. 52, № 2, p. 127–136.

16. Gejn K., Sarson T. Sistemnyj strukturnyj analiz: sredstva i metody // M.: EHjteks, 1992.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДА ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА СО СЛУЧАЙНЫМИ ПОВОРОТАМИ

УДК 519.6

Виктор Владимирович Китов,
к.ф.-м. н., математик 1-й категории
Московского государственного универ-
ситета им. Ломоносова, доцент науч-
но-исследовательского университета
«Высшая школа экономики», доцент
Российского экономического универ-
ситета им. Г.В.Плеханова.
Эл. почта: v.v.kitov@yandex.ru

В статье рассматривается метод гра-
диентного бустинга с осуществлением
случайных поворотов признакового
пространства на каждом шаге обучения
алгоритма. Исследуется качество дан-
ного метода на различных модельных
задачах бинарной классификации. По-
лученные результаты анализируются и
даются рекомендации по применению
указанного метода.

Ключевые слова: прогнозирование,
классификация, градиентный бус-
тинг, случайные повороты.

Victor V. Kitov,
PhD in Mathematics, mathematician
of Moscow State University, docent at
National Research University "Higher
School of Economics", docent at Plekhanov
Russian University of Economics.
E-mail: v.v.kitov@yandex.ru

ACCURACY ANALYSIS OF THE GRADIENT BOOSTING METHOD WITH RANDOM ROTATIONS

Gradient boosting method with random
rotations is considered, where before
training each base learner random rotation
is applied to the feature space. The
accuracy metric of the given method is
estimated for a broad range of generated
problems of binary classification. Ob-
tained results are evaluated and
recommendations given for application
of this method.

Keywords: forecasting, classification,
gradient boosting, random rotations.

1. Введение

С развитием вычислительных мощностей и запоминающих устройств в последние десятилетия значительно повысились возможности по сбору, обработке, анализу и прогнозированию данных в самых различных предметных областях, таких как торговля, реклама, сотовая связь, предоставление интернет-услуг, и многих других. Наука, занимающаяся алгоритмами анализа и прогнозирования данных в полуавтоматическом режиме, когда большинство параметров моделей подбираются по располагаемым данным, а не вручную, называется машинным обучением.

Одной из важнейших задач анализа данных в машинном обучении является задача прогнозирования. Существует множество прогнозирующих алгоритмов, накладывающих свои предположения о данных, таких как метод ближайших соседей, метод опорных векторов, линейная регрессия, логистическая регрессия, решающие деревья, нейросети и др. – см [1]. Однако, поскольку прогнозируемые данные, скорее всего, имеют более сложные свойства, чем те предположения, которые делаются в рассматриваемых методах, то более выигрышной, с точки зрения точности, стратегией является прогнозирование не единственной моделью, а набором моделей, объединенных в композицию (другое название – ансамбль моделей), см. [2, 3]. В этом случае к данным применяется сразу несколько прогнозирующих моделей, называемых базовыми моделями, а потом результат определяется в виде агрегирования полученных прогнозов – в простейшем случае, в виде линейной комбинации. Одним из наиболее популярных ансамблевых методов прогнозирования является градиентный бустинг. По данным [4], реализация xgBoost данного метода использовалась в большинстве прогнозирующих алгоритмов, победивших в соревнованиях по машинному обучению на сайте kaggle.com в 2015 году.

Ключом к успешному применению ансамблевых методов прогнозирования является разнообразие (diversity) базовых моделей, на базе которых строится финальный прогноз. Очевидно, что если усреднять по идентичным моделям, то выигрыша по сравнению с применением одной базовой модели не будет. И наоборот, чем разнообразнее базовые модели, тем потенциально больше у них возможностей исправлять ошибки друг друга и уточнять финальный прогноз. В работе [5] предложена идея генерации случайных поворотов, которые потом применяются к признакам прогнозируемых объектов перед обучением базовых моделей, в качестве которых выступают решающие деревья. Высказана гипотеза, что за счет различных поворотов базовые алгоритмы становятся более разнообразными, что в результате повышает точность полученной композиции моделей. Данная гипотеза подтверждена для случаев, когда случайные повороты применяются к ансамблевым алгоритмам случайного леса (random forest), и особо случайных деревьев (extra-random trees). Реализация случайных поворотов в алгоритме бустинга менее тривиальна алгоритмически, поскольку требует интеграции поворотов внутри алгоритма, поэтому в указанной статье не рассматривалась (рассматривался упрощенный алгоритм). Тем не менее, интересен вопрос, насколько оправдан данный подход для алгоритма бустинга, который изучается в последующих разделах данной работы.

В разделе 2 дается описание алгоритма градиентного бустинга с поворотами. В разделе 3 дается описание эксперимента по проверке точности метода на различных модельных данных, и обсуждаются результаты. В разделе 4 дается заключение и варианты дальнейших исследований.

2. Градиентный бустинг со случайными поворотами

Для расширения класса функций, моделируемых ансамблями деревьев, в работе [5] предложен подход, согласно которому перед каждой настройкой базового алгоритма в ансамбле делается случайный поворот признакового пространства.

В алгоритме бустинга сначала настраивается базовая модель $F_1(x)$, затем настраивается $F_2(x)$ так, чтобы максимально исправить ошибки первой модели, затем $F_3(x)$ так, чтобы максимально исправить ошибки первых двух моделей и т.д. Результирующий прогноз основывается на суммарном прогнозе $F_1(x) + F_2(x) + \dots + F_M(x)$, см. рис. 1. В задаче бинарной классификации, рассматриваемой в данной статье, прогнозируемый класс $\hat{y} \in \{+1, -1\}$ будет выражаться формулой:

$$\hat{y} = \text{sign}(F_1(x) + F_2(x) + \dots + F_M(x)),$$

где $\text{sign}(u)$ – функция, возвращающая знак аргумента u .

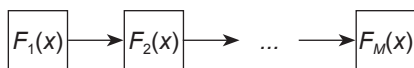


Рис. 1. Обычная схема бустинга

В методе бустинга со случайными поворотами перед настройкой каждой модели производится случайный поворот признакового пространства. Перед настройкой модели $F_1(x)$ производится случайный поворот $x \rightarrow R_1(x)$, перед настройкой модели $F_2(x)$ производится случайный поворот $x \rightarrow R_2(x)$ и т.д., см. схему метода на рис. 2. Поворот на шаге i осуществляется некоторой случайно сгенерированной матрицей поворота R_i , обзор методов генерирования таких матриц см. в [6]. После настройки модели последовательность случайных поворотов $R_1, R_2, \dots, R_m$ запоминается, и на этапах применения модели (прогнозирования) используется та же самая последовательность поворотов.

В качестве базовых моделей в градиентном бустинге обычно используются решающие деревья. Решающие деревья представимы в виде деревьев, где каждому листу сопоставлен прогноз, а каждому внутреннему узлу – проверка усло-



Рис. 2. Схема бустинга со случайными поворотами

вия. В наиболее распространенных реализациях деревьев в каждом узле t проверяется условие, что некоторый признак $x^{(t)}$ больше некоторого порога $h(t)$. Такое решающее дерево приводит к кусочно-постоянному решению, причем области постоянства – прямоугольники с осями, параллельными осям координат. Градиентный бустинг над деревьями приводит к взвешенной сумме таких деревьев, поэтому решение в бустинге также представимо в кусочно-постоянном виде, где области постоянства – прямоугольники с осями, параллельными осям координат. В большинстве случаев это предположение о данных не выполняется. Такое предположение не соответствует действительности в задаче регрессии, когда градиент прогнозируемой функции не параллелен одной из осей координат. В задаче классификации данное предположение не выполнено, когда истинная граница между классами не параллельна осям координат, что почти всегда будет выполняться на практике. Градиентный бустинг будет пытаться аппроксимировать наклонную границу между классами с помощью ступенчатой функции со многим количеством ступенек, что не всегда возможно точно, особенно, когда данных мало, а размерность исходной задачи велика – см. рис. 3. На рис. 3 объекты обучающей выборки представлены в виде точек. Цвет точки определяется ее классом и стоит задача по точкам обучающей экстраполировать прогнозы классов на все точки пространства объектов. Видно, что граница между классами кусочно-линейна, и линии параллельны осям координат.

Градиентный бустинг с поворотами является более гибким методом. Каждое дерево композиции будет по-прежнему выдавать кусочно-постоянный прогноз, где области постоянства будут прямоугольники в пространстве признаков. Но оси прямоугольников будут параллельны не осям исходного признакового

пространства, а осям повернутого признакового пространства на величину случайного поворота. Это расширяет круг моделируемых функций, в частности, появляется возможность разделять признаковое пространство наклонными линиями за меньшее число разбиений, чем в случае обычного градиентного бустинга над деревьями. На рис. 4 показано применение градиентного бустинга с поворотами к той же обучающей выборке объектов, что и на рис. 3.

На рис. 4 видно, что разделяющая граница между классами уже не является кусочно-линейной с линиями, параллельными осям координат – здесь уже допустимы наклонные разделения. С одной стороны, это позволяет более гибко и более экономично (меньшим числом разбиений) описывать классы объектов, что может повысить точность прогнозирования. А с другой стороны, за счет большей гибкости, это может внести большую степень переобученности модели на обучающую выборку, что в итоге понизит качество прогнозирования новых данных – см. [3]. Какой из данных факторов окажется

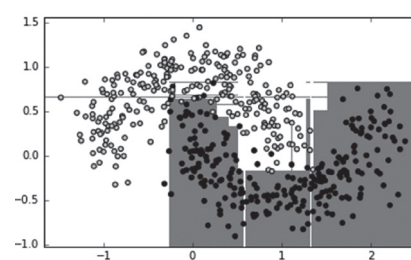


Рис. 3. Разделение на два класса методом обычного бустинга

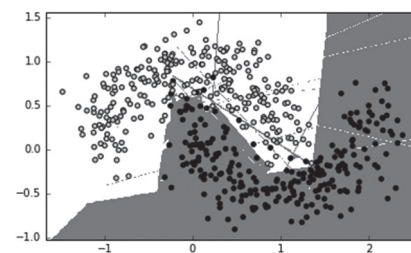


Рис. 4. Разделение на два класса методом бустинга с поворотами

более значимым, будет ясно из последующих экспериментов.

3. Эксперимент на модельных данных

Изучим вопрос, как соотносится точность обычного градиентного бустинга и градиентного бустинга с поворотами на искусственно сгенерированных данных, про которые заранее известна зависимость между признаками и классами. Будем рассматривать случай независимых признаков, распределенных равномерно на интервале $[-1, 1]$ каждый. Класс будет определяться условием, попадает или не попадает объект $x = (x_1, \dots, x_D)$ в определенную область. Определим функцию

$$I[u] = \begin{cases} 1, & \text{если условие } u \text{ выполнено.} \\ -1, & \text{если условие } u \text{ не выполнено.} \end{cases}$$

Будут рассматриваться следующие типы разделения объектов на классы:

1) Классы разделены линейно:

$$y = I[x_1 + \dots + x_D > 0],$$

показано на рис 5а.

2) Объекты одного класса лежат внутри многоугольника:

$$y = I\left[|x_1| + \dots + |x_D| < \frac{D}{2}\right],$$

показано на рис 5б.

3) Объекты одного класса лежат внутри параболы:

$$y = I\left[x_1 > \frac{1}{D}(x_2^2 + \dots + x_D^2)\right],$$

показано на рис 5б.

4) Объекты одного класса лежат внутри шара:

$$y = I\left[x_1^2 + \dots + x_D^2 < \frac{D}{3}\right],$$

показано на рис 5б.

Для каждого типа данных (линейный, многогранник, парабола, шар) сгенерируем N объектов случайно, где $N = 200, 500, 1000, 2000, 3000$. Точки будут генерироваться в D -мерном пространстве, где $D = 2, 3, 5, 7, 15$. К данным применим инверсии – класс каждой точки будем оставлять прежним с вероятностью $1-p$ и менять на противоположный с вероятностью p . Это позволит оценить устойчивость метода к зашумленным данным, которые не в точности соответствуют заложенной

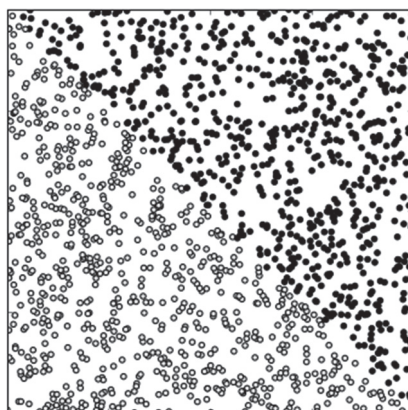


Рис. 5а

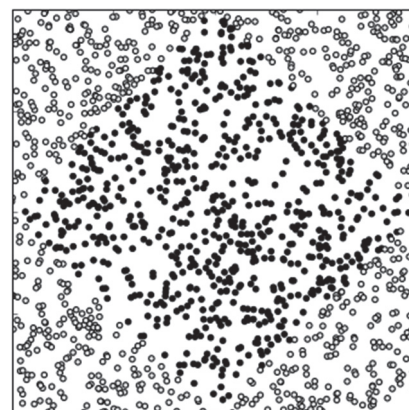


Рис. 5б

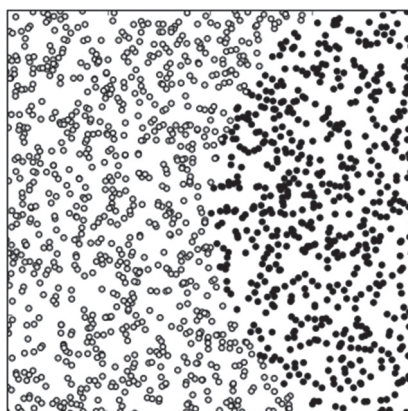


Рис. 5в

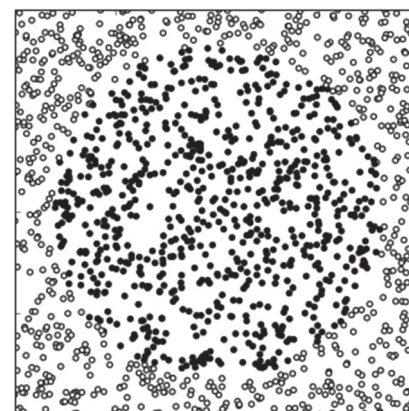


Рис. 5г

в них закономерности. Операции инверсии применим с параметром $p = 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3$. С учетом всевозможных типов данных и различных параметров N, D, p всего получим 500 наборов данных.

На каждом наборе оценивалась точность классификации обычным методом градиентного бустинга и методом градиентного бустинга с поворотами. Каждый набор данных случайно делится на обучающую выборку (50% объектов), валидационную выборку (25% объектов) и контрольную выборку (25% объектов). Параметр shrinkage всегда полагался равным 0.1, сэмплирование объектов на каждом шаге бустинга не использовалось (см. эти параметры в [1]), параметр $M \leq 500$ оптимального числа базовых моделей выбирался таким образом, чтобы обеспечить наивысшую точность метода на валидационном множестве. С подобранным параметром M для каждого метода оценивалась его точность на контрольной выборке. Поскольку бустинг с поворотами – это алго-

ритм со встроенной рандомизацией, то чтобы уменьшить эффект этой рандомизации, метод бустинга с поворотами перезапускался 30 раз, и вычислялись среднее и стандартное отклонение точности и числа базовых моделей.

Далее вычислялся балл по формуле:

$$score = \begin{cases} +1, & \bar{a}_{RR} - a > \gamma * std[a_{RR}] \\ -1, & \bar{a}_{RR} - a < -\gamma * std[a_{RR}] \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

где $\bar{a}_{RR}$ – средняя точность, $std[a_{RR}]$ – стандартное отклонение точности, вычисленные по 30 перезапускам бустинга с поворотами, a – значение точности обычного бустинга, γ – параметр, показывающий, насколько статистически значимым должно быть изменение в точности. Такая оценка мотивирована неравенством Чебышева, которое для рассматриваемого случая принимает вид:

$$P(|a_{RR} - a| \geq \gamma * std[a_{RR}]) \leq \frac{1}{\gamma^2}$$

Таблица 1

Зависимость числа баллов от параметра γ

γ	#(score = +1)	#(score = -1)	#(score = +1) / #(score = -1)	#(score = 0)
0	310	190	1,631578947	0
1	225	104	2,163461538	171
2	141	55	2,563636364	304
3	73	26	2,807692308	401

Таблица 2

Зависимость числа суммарных баллов от типа данных и вероятности инверсии класса

p	0.0	0.05	0.1	0.2	0.3	сумма:
тип данных:						
шар	0	6	7	4	3	20
линейный	20	17	16	9	8	70
многогранник	3	2	3	9	1	18
парабола	0	-6	-6	-4	-6	-22
сумма:	23	19	20	18	6	86

Таблица 3

Зависимость числа суммарных баллов от размерности данных D и размера выборки N

D	2.0	3.0	5.0	7.0	15.0	сумма:
N						
200.0	4	5	0	-2	-1	6
500.0	10	6	4	1	-2	19
1000.0	6	7	5	0	0	18
2000.0	13	8	3	-1	-1	22
3000.0	12	11	2	0	-4	21
сумма:	45	37	14	-2	-8	86

Брались значения параметра $\gamma = 0, 1, 2, 3$. С ростом γ , очевидно, число положительных и отрицательных баллов уменьшается (что соответствует значимому отличию в точности), а число случаев, когда балл равен нулю (соответствует незначимому отличию в точности), возрастает. Это показано в табл. 1 ниже.

В табл. 1 #(условие) обозначает число раз, сколько было выполнено условие, указанное в скобках, для различных наборов данных.

В дальнейшем будем рассматривать сумму баллов для различных комбинаций параметров N , D , p и типа данных. Если эта сумма положительна, то на большинстве наборов данных бустинг с поворотами работает точнее, чем бустинг без поворотов, а если отрицательна, то на большинстве наборов данных бустинг с поворотами работает менее точно. Чем выше эта сумма, тем более предпочтительно использовать бустинг с поворотами по сравнению с обычным бустингом. Оказалось, что дальнейшие качественные выводы, полученные для разных γ , сохраняются, поэтому ниже будут приведены результаты только для $\gamma = 2$.

Из табл. 1 видно, что из 500 наборов данных, метод с поворотами работал лучше, чем стандартный бустинг в 141 случаях, а хуже – в 55 случаях, что свидетельствует об общей предпочтительности бустинга со случайными поворотами.

В табл. 2 показано, как изменялся суммарный балл для разных типов данных и различных значениях параметра p , характеризующего уровень «шума» в данных.

Как видно из табл. 2, метод лучше всего работает на линейном типе данных, хорошо работает на шаре и многограннике, а в случае параболы работает хуже, чем обычный бустинг. Это можно объяснить тем, что метод позволяет более экономично проводить наклонные линейные границы между классами, что наиболее важно, когда граница между классами действительно линейна. В случае многогранника граница кусочно линейна, а в случае шара большую роль играет его симметричность относи-

тельно начала координат. Случайные повороты позволяют более точно выделить подобные симметричные фигуры. Парабола генерировалась так, что ее ось совпадает с осью x_1 . Поэтому ее логично выделять разбиениями вдоль именно этой, а не повернутой оси, что объясняет более высокую, в большинстве случаев, точность обычного бустинга.

Также из табл. 2 видно, что с ростом параметра p преимущество бустинга с поворотами падает. Это объясняется тем, что бустинг с поворотами – более гибкий, а потому более склонный к переобучению метод. При увеличении шума в данных этот метод в большей степени начинает переобучаться на шумовые наблюдения обучающей выборки, поэтому его преимущество по сравнению с методом обычного бустинга сокращается.

По табл. 3 видно, что наибольшее преимущество метода достигается при малой размерности простран-

ства. С ростом размерности преимущество уменьшается. Это можно объяснить тем, что в пространстве большой размерности существует слишком большое множество вариантов поворота, и сложно перебрать все варианты, и найти хорошо подходящий под данные. Также из табл. 2 видно, что с ростом числа наблюдений N преимущество метода с поворотами начинает расти. Это логично, поскольку для большего числа наблюдений легче сделать грамотное разбиение данных на классы и степень переобученности на данных будет меньше, что особенно важно для более гибкого и склонного к переобучению метода с поворотами.

По табл. 4 видно, что размерность пространства признаков не играет существенной роли в линейном случае, когда поверхность, разделяющая классы, проста. С усложнением этой поверхности на нелинейный случай, рост размерности пространства

Таблица 4

Зависимость числа суммарных баллов от типа данных
и размерности данных D

D	2.0	3.0	5.0	7.0	15.0	сумма:
тип данных:						
шар	13	11	1	-3	-2	20
линейный	10	13	17	14	16	70
многогранник	15	11	-1	-4	-3	18
парабола	7	2	-3	-9	-19	-22
сумма:	45	37	14	-2	-8	86

ведет к усложнению поверхности – ее становится сложнее аппроксимировать, и выше риск переобучения, что и отражается в снижении относительной точности бустинга с поворотами.

4. Заключение

Применение случайных поворотов в композициях прогнозирующих моделей было предложено в [5] и является разумным подходом для повышения разнообразия базовых моделей и улучшения точности их объединения. Но в [5] не было изучено применение данного подхода к алгоритму бустинга. В данной работе было изучено влияние случайных поворотов на точность бустинга для широкого класса модельных данных. Было обнаружено, что преимущество предложенного подхода тем выше, чем больше размер обучающей выборки, меньше размерность признаков и меньше уровень зашумленности данных. Метод дает явное преимущество для объектов линейно или кусочно-линейно разделимых на классы, а также для случаев, когда классы разделимы поверхностью, симметричной отно-

сительно начала координат. Вместе с этим, метод менее предпочтителен для случаев, когда классы разделимы фигурами, имеющими в качестве оси симметрии одну из осей признакового пространства. Темой для дальнейших исследований может быть изучение предложенного подхода на реальных данных, а также использование не случайных поворотов, а таких поворотов, которые лучше всего разделяют объекты по разным классам.

Литература

1. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. 2-ое изд. – Stanford, USA: Springer, 2009.
2. Abbott D. Why ensembles win data mining competitions. // Predictive Analytics Centre of Excellence Tech Talks, University of California, San Diego. http://pace.sdsc.edu/sites/pace/files/PACE_Abbott_WhyModelEnsemblesWinDataMiningCompetitions_20121114.pdf / 2012.
3. Китов В.В. Практические аспекты машинного обучения. // Открытые системы. СУБД. №1 / 2016. с. 14–17.

4. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. <https://arxiv.org/abs/1603.02754>. DOI: 10.1145/2939672.2939785.

5. Blaser R., Fryzlewicz P. Random Rotation Ensembles // Journal of Machine Learning Research №17 / 2016. с. 1–26.

6. Ozols M. How to generate a random unitary matrix. [http://home.lu.lv/~sd20008/papers/essays/Random%20unitary%20\[paper\].pdf](http://home.lu.lv/~sd20008/papers/essays/Random%20unitary%20[paper].pdf) / 2009.

References

1. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. 2-e izd. – Stanford, USA: Springer, 2009.
2. Abbott D. Why ensembles win data mining competitions. // Predictive Analytics Centre of Excellence Tech Talks, University of California, San Diego. http://pace.sdsc.edu/sites/pace/files/PACE_Abbott_WhyModelEnsemblesWinDataMiningCompetitions_20121114.pdf / 2012.
3. Kitov V.V. Practical aspects of machine learning. // Open systems. SUBD. №1 / 2016. p. 14–17.
4. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. <https://arxiv.org/abs/1603.02754>. DOI: 10.1145/2939672.2939785.
5. Blaser R., Fryzlewicz P. Random Rotation Ensembles // Journal of Machine Learning Research №17 / 2016. p. 1–26.
6. Ozols M. How to generate a random unitary matrix. [http://home.lu.lv/~sd20008/papers/essays/Random%20unitary%20\[paper\].pdf](http://home.lu.lv/~sd20008/papers/essays/Random%20unitary%20[paper].pdf) / 2009.

МЕТОД МАШИН ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНВЕСТИЦИЙ

УДК 004.942

Ольга Викторовна Китова,
д.э.н., доцент, зав. кафедрой информатики Российского
экономического университета имени Г.В. Плеханова
(РЭУ им. Г. В. Плеханова)
Тел.: (499) 237 85 20

Игорь Борисович Колмаков,
д.э.н., профессор кафедры информатики Российского
экономического университета имени Г.В. Плеханова
(РЭУ им. Г. В. Плеханова)
Тел.: (495) 958 24 10

Илья Андреевич Пенков,
аспирант кафедры информационных технологий
Российского экономического университета имени
Г.В. Плеханова (РЭУ им. Г. В. Плеханова)
Тел.: (916) 803 53 50

В статье рассматриваются возможности применения интеллектуального метода машинного обучения на основе опорных векторов для прогнозирования показателей инвестиций. Описываются основные преимущества метода над традиционными методами прогнозирования, что позволяет улучшать качество прогноза. Приводятся результаты компьютерных экспериментов по адаптации моделей на основе машин опорных векторов, реализованных с использованием языка программирования Python, к прогнозированию отдельных показателей инвестиций.

Ключевые слова: машины опорных векторов, машинное обучение, модель прогнозирования, язык программирования Python, показатели инвестиций.

Olga V. Kitova,
doctor of science (economics), the head of the Academic
Department of Informatics, Plekhanov Russian University
of Economics (PRUE)
Tel. (499) 237-85-20
E-mail: olga.kitova@mail.ru

Igor B. Kolmakov,
doctor of science (economics), professor lecturer of the
Academic Department of Informatics, Plekhanov Russian
University of Economics (PRUE)
Tel. (495) 958-24-10
E-mail: kolibor@rambler.ru

Ilya A. Penkov,
postgraduate, the Academic Department of Informatics,
Plekhanov Russian University of Economics (PRUE)
Tel. (916) 803-53-50
E-mail: i.job.penkov@gmail.com

SUPPORT VECTOR MACHINE METHOD FOR PREDICTING INVESTMENT MEASURES

Possibilities of applying intelligent machine learning technique based on support vectors for predicting investment measures are considered in the article. The base features of support vector method over traditional econometric techniques for improving the forecast quality are described. Computer modeling results in terms of tuning support vector machine models developed with programming language Python for predicting some investment measures are shown.

Keywords: support vector machine, machine learning, forecasting model, programming language Python, investment measures.

1. Введение

Для определения закономерностей, тенденций изменения динамики поведения макроэкономических показателей необходимо комплексное рассмотрение процессов экономического развития в рамках единой модели. Однако многие модели оказываются неприменимыми в условиях неопределенности социально-экономических процессов, усиления неустойчивости механизмов развития экономики особенно в условиях кризисов или политико-экономических ограничений, изменчивости производственно-экономических отношений, нестационарности большинства процессов. Из этого возникает одна из основных проблем прогнозирования показателей инвестиций, поскольку в силу своей природы они оказываются наиболее подверженными инфляционным колебаниям, демонстрируют высокую подвижность и эластичность к изменениям спроса на продукцию и рыночные услуги.

Существующие традиционные методы прогнозирования, базирующиеся на эконометрических принципах моделирования, в условиях нестабильности оказываются неприемлемыми для прогнозирования [1]. На наш взгляд, в современных условиях функционирования социально-экономических систем проблема получения приемлемого прогноза может быть решена за счет комбинирования традиционных классических методов совместно с методами интеллектуального прогнозирования, реализованных на принципах машинного обучения. К таким методам относятся искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы, деревья решений, машины опорных векторов, кластеризация и др.

В рамках статьи авторами исследуются возможности метода опорных векторов в виде решения задачи регрессии при прогнозировании показателей инвестиций.

2. Метод машин опорных векторов

Этот класс методов машинного обучения также может использоваться как для решения задач классификации, так и для восстановления регрессии. Машины опорных векторов (SVM – Support Vector Machine) относятся к категории универсальных сетей прямого распространения, как многослойный персептрон и сети на основе радиальных базисных функций.

Идея метода опорных векторов, предложенного Вapникoм, состоит в построении гиперплоскости, выступающей в качестве поверхности решений, максимально разделяющей положительные и отрицательные примеры из обучающего множества. Более конкретно машина опорных векторов является аппроксимирующей реализацией метода минимизации структурного риска, который основан на том, что уровень ошибок обучаемой машины на тестовом множестве можно представить в виде суммы ошибки обучения и слагаемого, зависящего от измерения Вapника–Червоненкиса. В случае разделяемых множеств получается значение «нуль» для первого слагаемого и минимизируется значение второго слагаемого. Поэтому машина опорных векторов может обеспечить высокое качество обобщения, не обладая априорными знаниями о предметной области конкретной задачи.

В основе построения алгоритма обучения опорных векторов лежит понятие ядра скалярного произведения опорного вектора и вектора, взятого из входного пространства. Опорные векторы представляют собой подмножество обучающей выборки. Различные методы генерации ядра позволяют строить различные обучаемые машины со своими собственными нелинейными поверхностями решений. Например, алгоритм настройки опорных векторов можно использовать для построения следующих основных типов обучаемых машин:

- полиномиальные машины;
- сети на основе радиальных базисных функций;
- двухслойные персептроны (с одним скрытым слоем).

Такая возможность означает, что для каждой из упомянутых сетей можно использовать алгоритм обучения на основе метода настройки опорных векторов, который будет использовать исходный набор обучающего множества для определения количества скрытых элементов [2].

Учитывая основную идею метода опорных векторов, которая заключается в поиске гиперплоскости, позволяющей разделить исходное множество примеров на два класса, важно отметить понятие линейной разделимости образов. Оно связано с возможностью однозначного бинарного разделения примеров множества. При этом в процессе реализации метода происходит поиск образов (примеров), находящихся на границе между двумя классами. Такие образы являются опорными векторами. Эти векторы играют решающую роль в работе обучаемых машин. Они являются теми точками данных, которые лежат ближе всего к поверхности решений (область между границами двух разделяемых классов) и являются самыми сложными для классификации. Они лучше всего указывают на оптимальное размещение поверхности решений.

Модель классификации или регрессии, построенная на основе машин опорных векторов, считается линейно разделимой, если область между границами двух классов оказывается пустой. Это говорит о том,

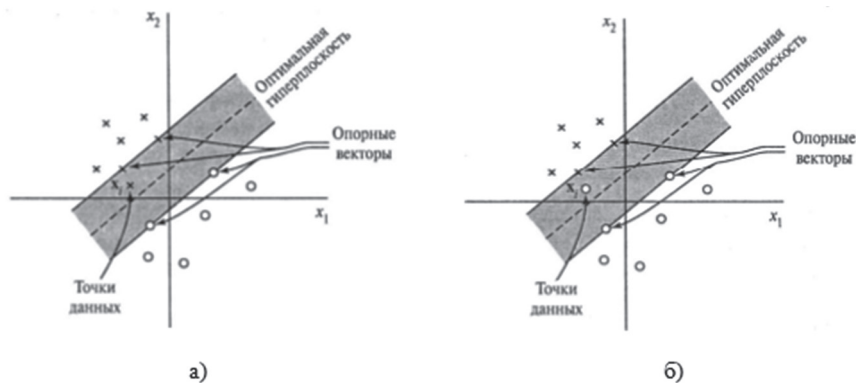


Рис. 1. Варианты попадания точки данных в область разделения

что в результате функционирования машины опорных векторов удалось разделить все примеры исходного множества на два класса.

Если исходное множество представляет собой неразделимый набор образов, то при таком наборе данных обучения невозможно построить разделяющую гиперплоскость, полностью исключающую ошибки классификации. В этом случае возможны две ситуации расположения образов в пределах разделяющей гиперплоскости:

- точка находится в области разделения с нужной стороны поверхности решений (если разделить область на две равные части, то точка будет находиться в ближайшей к своему классу половине, рис. 1, а);
- точка попадает в область разделения с другой стороны поверхности решений (рис. 1, б).

В подобной ситуации задача сводится к поиску такой гиперплоскости, которая будет минимизировать ошибку классификации на множестве обучающих примеров.

В общем виде задача классификации при помощи метода машин опорных векторов заключается в поиске некоторой линейной функции, которая разделяет исходное множество образов на два класса и принимает значение меньше нуля для образов (векторов) одного класса и больше нуля – для векторов другого класса.

Наилучшей функцией классификации является функция, для которой ожидаемый риск минимален. Ожидаемый риск – это ожидаемый уровень ошибки классификации.

Напрямую оценить ожидаемый уровень ошибки построенной моде-

ли невозможно, это можно сделать при помощи понятия эмпирического риска. Однако следует учитывать, что минимизация последнего не всегда приводит к минимизации ожидаемого риска. Это обстоятельство следует помнить при работе с относительно небольшими наборами обучающих данных.

Эмпирический риск – уровень ошибки классификации на обучающем множестве.

Таким образом, в результате решения задачи методом опорных векторов для линейно разделимых образов мы получаем функцию классификации, которая минимизирует верхнюю оценку ожидаемого риска.

Одной из проблем, связанных с решением задач классификации рассматриваемым методом, является то обстоятельство, что не всегда можно легко найти линейную границу между двумя классами.

В таких случаях один из вариантов – увеличение размерности, т.е. перенос данных из плоскости в трехмерное пространство, где возможно построить такую плоскость, которая идеально разделит множество образов на два класса. Опорными векторами в этом случае будут служить объекты из обоих классов, являющиеся экстремальными. Механизм добавления оператора ядра и дополнительных размерностей позволяет определить границы между классами в виде гиперплоскостей.

Однако следует помнить: сложность построения SVM-модели заключается в том, что чем выше размерность пространства, тем сложнее с ним работать. Один из вариантов работы с данными высокой

Показатели инвестиций в основной капитал

Обозначение	Показатели инвестиций в основной капитал (ОК) по видам экономической деятельности
I_AHF	Инвестиции в ОК – сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство
I_NON	Инвестиции в ОК – добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических
I_MME	Инвестиции в ОК – производство машин и оборудования
I_WRT	Инвестиции в ОК – оптовая и розничная торговля
I_HR	Инвестиции в ОК – гостиницы и рестораны

размерности – это предварительное применение какого-либо метода понижения размерности данных, например, метод главных компонент или нейронная сеть, реализующая снижение размерности за счет выявления наиболее существенных признаков.

Недостаток метода состоит в том, что для классификации используется не все множество образцов, а лишь их небольшая часть, которая находится на границах.

Достоинство метода состоит в том, что для классификации методом опорных векторов, в отличие от большинства других методов, достаточно небольшого набора данных. При правильной работе модели, построенной на тестовом множестве, вполне возможно применение данного метода на реальных данных.

Метод опорных векторов позволяет [3]:

- получить функцию классификации с минимальной верхней оценкой ожидаемого риска (уровня ошибки классификации);
- использовать линейный классификатор для работы с нелинейно разделяемыми данными, сочетая простоту с эффективностью.

К основным преимуществам машин опорных векторов обычно относят следующие:

- решается задача квадратичного программирования, имеющая единственное решение, вместо многоэкстремальной задачи;
- происходит автоматическое определение количества скрытых нейронов, которое равно числу опорных векторов;
- оптимальное разделение гиперплоскости приводит к максимизации ширины разделяющей полосы между классами (в задачах классификации), что повышает качество обобщения.

3. Компьютерное моделирование

Компьютерный эксперимент с использованием реализаций модели машин опорных векторов на языке программирования Python проводился для показателей инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности, наблюдаемых Федеральной службой государственной статистики и ре-

зультаты прогнозов по которым не отвечают заданным критериям точности и качества в эконометрической модели при проведении процедуры ретроверификации [4]. Эти показатели сведены в табл. 1.

Каждый показатель представляет собой временной ряд длиной 35 наблюдений. Ряд представляет собой квартальные значения показателей. Моделирование проводится на данных до 2013 года включительно, поскольку с 2014 года резко изменилась динамика поведения показателей, что вызвано далеко не экономическими обстоятельствами.

Исходная модель данных, поступающая на вход для каждого показателя, подлежит трансформации следующим образом: учитывая особенности временного ряда, связанные с наличием инерции в процессе, что заключается в актуальности нескольких ближайших наблюдений для формирования последующего значения ряда, исходное множество разбивается на обучающее, включающее первые 75% наблюдений, и тестовое, в которое входят оставшиеся 25% наблюдений.

Прогнозирование на основе машин опорных векторов проводится на основе подхода факторного прогнозирования, когда процесс развития динамики целевой переменной описывается набором определенных макроэкономических переменных, взятых в определенных единицах измерения и форматах (абсолютные значения, доля в ВВП, цепной индекс и т. д.).

Мерой сравнения качества получаемых моделей является показатель среднеквадратической ошибки, рассчитываемый на тестовом множестве. Эта мера отражает степень близости значений процесса и его

ретропрогноза. Как и для большинства методов машинного обучения, машины опорных векторов требуют проведение предобработки, которая заключается в стандартизации исходных значений ряда (среднее значение = 0, дисперсия = 1).

Модели на основе машин опорных векторов реализованы для случая регрессии и имеют в библиотеку Python Scikit-learn 2 модификации: Epsilon-Support Vector Regression (epsilon-SVR) – модель опорных векторов с ключевым параметром epsilon; Nu Support Vector Regression (Nu-SVR) – модель опорных векторов с ключевым параметром nu.

В реализации epsilon-SVR ключевыми свободно настраиваемыми параметрами являются C – параметр, влияющий на качество построения поверхности решений за счет ее упрощения, epsilon – значение, регулирующее возможность учета ошибки, kernel – функция ядра. Рассмотрим результат компьютерного эксперимента для разных значений параметров. В табл. 2–4 представлены значения среднеквадратической ошибки для модели каждого показателя при разных уровнях параметров C и epsilon и функциями ядра.

Как можно заметить из представленных таблиц, наилучшие результаты по значению среднеквадратической ошибки для каждого показателя демонстрируют модели машин опорных векторов, использующие в качестве параметра ядра (kernel) полиномиальную функцию. Среди моделей, построенных с использованием этой функции, наилучшие результаты при любом значении параметра epsilon демонстрируют реализации, имеющие минимально значение C, равное 1. Для всех остальных значений C модели с поли-

Таблица 2

Результаты расчетов по моделям для радиально-базисной функции ядра

Показатели	Значения C (epsilon = 0,1)				Значения C (epsilon = 0,5)			
	1	10	1000	10000	1	10	1000	10000
I_AHF	18,69	18,61	18,61	18,6	21,08	21,09	21,09	21,09
I_NON	9,63	9,73	9,72	9,72	9,6	9,7	9,7	9,7
I_MME	3,31	3,28	3,28	3,28	3,34	3,29	3,29	3,29
I_WRT	26,42	26,06	26,06	26,06	30,38	30,5	30,5	30,5
I_HR	5,63	6,21	6,21	6,21	5,96	6,11	6,11	6,11

Таблица 3

Результаты расчета по моделям для сигмоидальной функции ядра

Показатели	Значения C (epsilon = 0,1)				Значения C (epsilon = 0,5)			
	1	10	1000	10000	1	10	1000	10000
I_AHF	23,04	23,04	23,04	23,04	23,03	23,03	23,03	23,03
I_NON	9,8	9,8	9,8	9,8	9,74	9,74	9,74	9,74
I_MME	3,82	3,82	3,82	3,82	3,83	3,83	3,83	3,83
I_WRT	33,9	33,9	33,9	33,9	32,92	32,92	32,92	32,92
I_HR	6,27	6,27	6,27	6,27	6,32	6,32	6,32	6,32

Таблица 4

Результаты расчета по моделям для полиномиальной функции ядра

Показатели	Значения C (epsilon = 0,1)				Значения C (epsilon = 0,5)			
	1	10	1000	10000	1	10	1000	10000
I_AHF	12,84	31,58	59,08	68,57	10,53	12,76	86,36	86,36
I_NON	9,25	14,2	52,26	66,05	8,94	12,21	50,15	84,45
I_MME	3,18	2,82	6,27	6,27	2,7	2,61	3,26	4,32
I_WRT	28,21	36,87	63,51	77,13	28,09	31,67	32,26	32,26
I_HR	5,55	9,51	22,4	22,87	5,83	7,9	8,28	8,28

номиальной функцией показывают худшие результаты по сравнению с остальными.

В рамках сравнения моделей с радиально-базисной ядерной функцией для показателей I_AHF и I_WRT преимуществом обладают модели с параметром epsilon=0,1. Для показателей I_NON, I_MME существенной разницы в результатах при разных значениях параметров C и epsilon нет. Для показателя I_HR в модели с радиально-базисной функцией лучшие результаты также получены при значении параметра epsilon=0,1. Однако при фиксированном epsilon наблюдается заметное различие в результатах при разных значениях параметра C. Так, преимущество имеют модели с параметром C=1.

4. Заключение

Построение прогнозных моделей на основе эконометрических методов множественного регрессионного анализа имеет ограничения при прогнозировании временных рядов, имеющих короткую актуальную часть, а также динамика поведения которых определяется не только логикой экономических явлений, что достаточно сильно влияет на характер развития исследуемого процесса. Проведение компьютерного эксперимента показало, что применение метода машин опорных векторов при соответствующем понимании механизмов настройки модели и качестве процедур предобработки исходных данных обладает сильным потенциалом по

улучшению параметров точности и качества моделей при решении задачи прогнозирования макроэкономических показателей на основе факторного подхода.

Литература

1. Китова О.В., Дьяконова Л.П., Пеньков И.А. Гибридный подход к прогнозированию показателей инвестиционной сферы // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2015. № 3. С. 116–120.

2. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

3. B. Scholkopf, G. Ratsch, K. Muller, K. Tsuda, S. Mika An Introduction to Kernel-Based Learning Algorithms // IEEE Neural Networks, 12(2):181–201, May 2001.

4. Колмаков И.Б., Потапов С.В., Пеньков И.А. Верификатор системы прогноза показателей инвестиций экономики РФ // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016613913, 11.04.2016

References

1. Kitova O.V., Djakonova L.P., Penkov I.A. Hybrid approach to forecasting investment measures // Menedzhment i biznes-administrirovaniye. 2015. № 3. p. 116–120.

2. Haykin S. Neural Networks. A comprehensive foundation. – second edition, Prentice Hall, 1999

3. B. Scholkopf, G. Ratsch, K. Muller, K. Tsuda, S. Mika An Introduction to Kernel-Based Learning Algorithms // IEEE Neural Networks, 12(2):181–201, May 2001.

4. Kolmakov I.B., Potapov S.V., Penkov I.A. The investment measures forecasting verifier system in the economy of the Russian Federation // Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2016613913, 11.04.2016.

О МОДЕЛИРОВАНИИ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦЕНЫ КВАДРАТА

УДК 519.237.5

Наталья Валерьевна Концевая,
к.э.н., доцент, доц. каф. Системного анализа и моделирования экономических процессов Финансового университета при Правительстве РФ
Тел.: (926) 499 47 36
Эл. почта: NVKontsevaya@fa.ru

Рассматривается возможность прогнозирования показателей рынка недвижимости. Предложен подход на основе использования лаговых переменных, где время запаздывания определяется путем анализа динамики относительной ошибки. В результате получен опережающий индикатор. Приведена прогнозная оценка ближайшего будущего цены квадратного метра в Москве.

Ключевые слова: моделирование рыночных показателей; прогнозирование; рынок недвижимости; регрессионный анализ; корреляция.

Natalya V. Kontsevaya,
associate Professor, Assoc. DEP. System analysis and modeling of economic processes Financial University under the Government of the Russian Federation
Tel.: (926) 499 47 36
E-mail: NVKontsevaya@fa.ru

MODELING REAL ESTATE MARKET: FORECASTING THE PRICE OF A SQUARE

The possibility of forecasting indicators of the real estate market. An approach based on the use of lag variables, where the lag time is determined by analyzing the dynamics of relative error. The result is a leading indicator. Forecasted assessment of the near future the price per square meter in Moscow.

Keywords: modeling of market indicators; forecasting; real estate market; regression analysis; correlation.

1. Введение

Многочисленные прогнозы аналитиков и оценки экспертов рынка недвижимости, как правило, свидетельствуют о том, что, не смотря на существующее множество факторов, участвующих в процессе ценообразования недвижимости, большинство из них малоприспособлено для решения задач прогнозирования. В то же время, моделирование динамики основных показателей, также связано с определенными сложностями, такими как нестационарность соответствующих временных рядов, резкие развороты трендов, вызванные кризисными обстоятельствами, и т.д.

Целью работы явилась демонстрация возможности осуществления краткосрочного прогнозирования стоимости квадратного метра жилой недвижимости рынка жилья в Москве.

2. Этапы моделирования основного показателя рынка недвижимости

Многоэтапность предлагаемого подхода к разработке достоверного прогноза заключается в коррекции многофакторной модели ценообразования с учетом времени запаздывания реакции модели на динамичность внешних изменений [напр. 2, 5]. На первом этапе была построена качественная регрессионная модель, объясняющая зависимость стоимости квадратного метра московской недвижимости от макропоказателей, существенно влияющих на цену квадратного метра в Москве.

Для этого было необходимо определиться с объемом выборки. Как правило, большинство исследований рассматривает исторические периоды между кризисами, мы же, ставя целью построение универсальной модели, удвоим период наблюдений таким образом, чтобы в начале выборки оказалось примерно столько же наблюдений, сколько доступно после кризиса 2008 г. Таким образом, исходная база для наблюдений составляет с начала 2001 до начала 2016 годов (всего 60 кварталов, таким образом, начало кризиса – обвал фондового рынка России летом 2008 оказался в середине выборки). Источник исходных данных – Информационно-аналитическая система Bloomberg Professional (дата обращения 13.04.2016).

Для исследования был отобран массив поквартальных наблюдений из 15 макропоказателей, имеющих прямое или косвенное отношение к вопросам ценообразования, как Российских, так и общемировых рынков.

Данные, представленные в табл. 1, позволяют произвести предварительных отбор экономических факторов, которые могут быть связаны с процессами ценообразования на рынке жилой недвижимости (данные по Москве).

В результате корреляционного анализа, исследования массива исходных данных на мультиколлинеарность, построения структурной формы (см., напр., Концевая и др. [1, 4]), окончательно был определен следующий вид модели:

$$Y = 61.26 + 1.96 * X_1 + 0.74 * X_2 + 26.76 * X_3, \\ (R^2 = .87) \quad (S_{a1} = 0.51) \quad (S_{a2} = 0.22) \quad (S_{a3} = 4.91)$$

где X_1 – денежный объем сделок на рынке недвижимости (в билл. долларов);

X_2 – индекс РТС;

X_3 – цена барреля нефти марки Brent.

Построенная трехфакторная модель позволяет сделать выводы о росте стоимости 1 кв. метра Московской недвижимости почти на 2\$ с ростом объема сделок на 1 билл. долл. (при постоянстве других регрессоров), что справедливо объясняет рост цен на рынке недвижимости Москвы в течение

Таблица 1

Матрица коэффициентов парных корреляций Российских макропоказателей, влияющих на процессы ценообразования (по итогам последних 15 лет)

Макропоказатели по РФ	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15
цена за метр (y)	1,00															
миллионы кв. метров жилья (x1)	0,26	1,00														
сумма сделок в билл.дол. (x2)	0,74	0,60	1,00													
ВВП (x3)	-0,24	-0,11	-0,44	1,00												
индекс цен (x4)	-0,32	-0,15	-0,35	0,63	1,00											
уровень безработицы (x5)	-0,70	-0,24	-0,77	0,13	0,21	1,00										
импорт (x6)	-0,15	-0,19	-0,46	0,89	0,61	0,24	1,00									
экспорт (x7)	-0,06	-0,15	-0,32	0,77	0,76	0,17	0,84	1,00								
ставка рефинанс (x8)	-0,81	-0,27	-0,74	0,24	0,18	0,70	0,19	-0,01	1,00							
индекс РТС (x9)	0,78	0,16	0,45	0,15	0,00	-0,58	0,23	0,25	-0,72	1,00						
индекс прошлая эк. ситуации (x10)	-0,12	-0,16	-0,35	0,90	0,43	-0,01	0,83	0,65	0,26	0,18	1,00					
индекс будущей эк. ситуации (x11)	0,27	-0,12	0,01	0,65	0,23	-0,35	0,62	0,55	-0,17	0,47	0,81	1,00				
расходы на товары длит. польз. (x12)	0,76	0,20	0,50	0,31	0,01	-0,71	0,28	0,35	-0,72	0,79	0,39	0,65	1,00			
вакансии на рынке труда (x13)	0,64	-0,09	0,57	-0,20	-0,26	-0,82	-0,23	-0,18	-0,51	0,40	0,05	0,38	0,57	1,00		
опережающие индикаторы (x14)	-0,37	-0,17	-0,45	0,70	0,47	0,27	0,71	0,66	0,10	0,13	0,56	0,44	0,08	-0,35	1,00	
нефть – цена за баррель (x15)	0,90	0,17	0,69	-0,08	-0,11	-0,76	-0,02	0,13	-0,77	0,76	0,06	0,44	0,81	0,72	-0,21	1,00

нии последних двух десятилетий повышенным спросом. Рост индекса Российского фондового рынка также увеличивает стоимость метра жилья (в среднем на 0,8\$ с одного процентного пункта роста индекса рынка), что объясняется общностью фаз экономических циклов как на финансовых рынках – так и на фондовых и сырьевых. Так, рост цены барреля нефти на 1\$ имеет следствием рост цен на недвижимость в среднем на 28\$ за 1 кв. метр (все выводы справедливы только для Московского региона, для России же в целом, направление взаимосвязей аналогично, но масштаб ценовых изменений в зависимости от рыночных колебаний будет другим).

Для ранжирования степени влияния регрессоров и анализа чувствительности реакции ценового показателя рынка недвижимости на влияние отобранных в модель факторов, рассмотрим коэффициенты эластичности и дельта-коэффициенты (см. табл. 2)

Из приведенных результатов следует, что острее всего рынок недвижимости реагирует на изменение

Таблица 2

	сумма сделок в билл. дол.	индекс РТС	нефть
коэф-т. эласт.	0,20	0,24	0,54
дельта коэф-т	0,23	0,23	0,54

стоимости барреля нефти. Этот же фактор занимает большую долю в суммарном влиянии всех трех факторов (54%), что позволяет подтвердить выводы о доминирующем влиянии данного фактора, сделанные на предварительном этапе корреляционного анализа (см. табл. 3, в которой отобраны коэффициенты парных корреляций между показателями модели):

Данный вид модели совершенно логичен и предсказуем, естественно определяющим фактором цены недвижимости (как и многого другого в нашей стране), является цена на нефть на мировом рынке. В меньшей степени влияет объем спроса (ак-

тивность на рынке недвижимости) и индекс Российского фондового рынка, как индикатора доходности альтернативных видов инвестирования, т.к. ни для кого не секрет, что значительная часть сделок на рынке недвижимости осуществляется с целью получения дохода от соответствующего инвестирования.

Несмотря на то, что модель построена качественная, относительная ошибка аппроксимации на указанном историческом периоде составила 13,5%. Но такая оценка точности получена за счет локальных серьезных ошибок в некоторые моменты времени.

Таблица 3

	цена за метр	сумма сделок	индекс РТС	нефть
цена за метр	1,00			
сумма сделок	0,74	1,00		
индекс РТС	0,78	0,45	1,00	
нефть	0,90	0,69	0,76	1,00

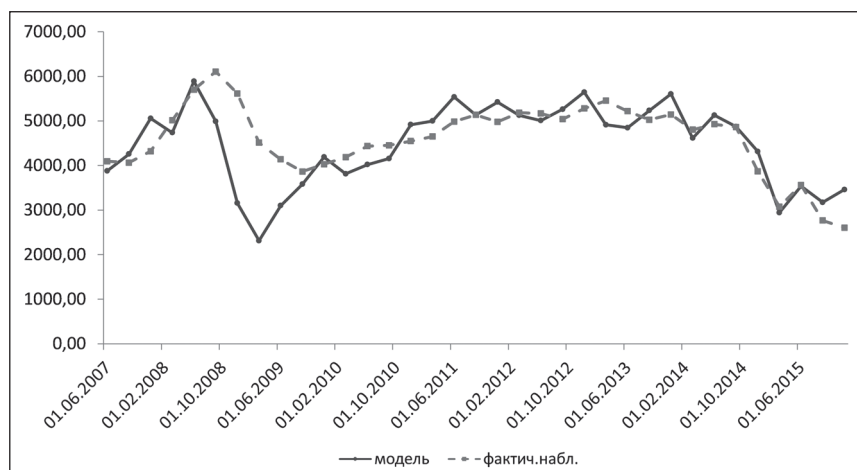


Рис. 1. Модель ценообразования стоимости квадратного метра



Рис. 2. Распределение ошибок моделирования во времени

На втором этапе рассматривалась динамика относительной ошибки построенной модели с целью выявить те моменты времени, где сделанные предположения не сработали, и определить пути решения этой проблемы путем коррекции модели.

Из приведенного графика следует, что максимальные ошибки носят локальный характер и вызваны тем, что стоимость нефти в кризисные моменты (середина 2008-го и конец 2014-го) рушится с большей скоростью, чем экономические показатели от нее зависящие.

Следующим этапом явилась коррекция учета стоимости нефти (на 2 лага), т.о., мы получили упреждающий индикатор, который, учитывая долю его влияния на стоимость квадратных метров в американской валюте, позволяет строить прогнозные оценки на ближайшие 1–2 квартала.

Проиллюстрируем подход на

более простой модели. Уменьшим выборку, оставив историю, начиная с лета 2008-го года. В этот период (послекризисный) спрос и активность рынка недвижимости не является значимым фактором, модель имеет более простой вид:

$$Y = -246,23 + 1,20 * X_1 + 33,80 * X_2, \\ (R^2 = .87) \quad (S_{a1} = 0.13) \quad (S_{a2} = 2.25)$$

где X_1 – индекс РТС;

X_2 – цена барреля нефти марки Brent с запаздыванием в два квартала.

Таблица 4

	индекс РТС	нефть
коэф-т. эласт.	0,39	0,68
дельта коэф-т	0,35	0,65

Основные выводы, сделанные выше для трехфакторной модели, остаются неизменными, – цена на нефть по-прежнему доминирую-

щий фактор и по доле влияния, и по уровню реакции цены кв. метра на изменение стоимости барреля. Удешевление нефти на 1% вызывает на исследуемом участке наблюдений уменьшение стоимости квадрата Московской жилплощади в среднем на 0,68%, тогда как изменение на 1% индекса фондового рынка послужит драйвером изменений на 0,4% цены метра в соответствующую сторону.

Ошибка скорректированной модели 10%, эта модель является качественной, объясняя стоимость квадрата на 92%, воспользуемся ею для расчета ожидаемой цены квадратного метра жилья.

Коэффициент регрессии перед вторым фактором свидетельствует об уменьшении почти на 34\$ цены квадратного метра с падением стоимости барреля на 1\$.

3. Результаты

Имея упреждающий индикатор, оказывающий решающую роль на изменение цены Московской недвижимости, используем эту возможность для оценки будущей стоимости московской недвижимости. Т.к. за два последних исследуемых квартала нефть подешевела почти на 19\$, т.о., можно ожидать к концу второго квартала 2016 г. удешевление квадратного метра чуть больше, чем на 600 долларов относительно начала 2016 года. Т.о. наша оценка составляет примерно 2 000\$ за квадрат, что при курсе, например, в 70 руб. за доллар, может дать среднюю стоимость метра московской недвижимости ближайшим летом около 140 тыс. руб.

Но, сделанные предположения могут оказаться справедливыми только при условии неизменности ситуации на фондовом рынке, что маловероятно и не менее сложно прогнозируемо, чем тенденции любых финансовых рынков. Так, в текущее время, нельзя не отметить необходимость коррекции прогноза, полученного полгода назад: за эти два квартала индекс РТС вырос примерно на 150 пунктов, что, учитывая коэффициент регрессии, обусловило рост цены квадратного метра в среднем на 180\$.

Таким образом, текущая цена кв. метра жилой площади г. Москвы по результатам моделирования составляет 2 180\$ или около 150 тыс. руб., что близко к действительности.

«Цены на столичное жилье близки к себестоимости», об этом агентству «ТАСС» рассказал заммэра Москвы по градостроительной политике и строительству Марат Хуснуллин [7] 19 мая 2016 г.

По словам заместителя мэра, цены на жилье в столице сейчас минимальные. Квартиру эконом-класса в границах новой Москвы можно купить по цене 80 тыс. рублей за «квадрат». Общий объем запланированного строительства по сравнению с таким же показателем 2015 года вырос на 30%.

Естественно, при предложенном методе прогнозирования речь может идти только о точечной оценке стоимости, расчет границ возможных отклонений от сделанного прогноза не представляется возможным, но таких задач и не ставилось. Цель работы заключалась в определении общей тенденции на ближайшие периоды, а правы ли мы в оценках – покажет ближайшее будущее.

В данной работе продемонстрирована возможность построения краткосрочных прогнозов в рыноч-

ной сфере на основе использования лаговых переменных. Постановки задачи такого рода и предлагаемый поэтапный подход к их решению может быть интересен как участникам рынка жилья, так и использован, например, в учебном процессе в качестве иллюстраций прикладных возможностей эконометрики.

Литература

1. Концевая Н.В. Оптимизация процедур сглаживания показателей финансовых рынков // Аудит и финансовый анализ. – 2001. – №1, с. 122–127.

2. Околелова Э. Ю. Модели инвестиционного прогнозирования рынка коммерческой недвижимости [Текст]: Монография / под. ред. Гасилова В. В. – Воронеж, изд-во «Истоки», 2008. – 326 с.

3. Организация оценки и налогообложения недвижимости. Под ред. Дж. К.Эккерт. М.: Стар Интер, 1997.

4. Современные методы математического моделирования экономических и социальных процессов // Концевая Н.В., Просвирнин Ю.Г., Скрипников О.А., Хацкевич В.Л. Воронеж ВПО ВГТУ, 2006. – 268 с.

5. Экономико-математические методы в примерах и задачах: учеб-

ное пособие // под/ред Гармаша А.Н., М.: ИНФРА-М, 2014. – 416 с.

6. Интернет-источник: <http://realty.dmir.ru/news/50835/>

References

1. Koncevaya N.V. Optimizaciya procedur sglazhivaniya pokazatelej finansovyh rynkov // Audit i finansovyj analiz. – 2001. – №1, s. 122–127.

2. Okolelova E.H. YU. Modeli investicionnogo prognozirovaniya rynka kommercheskoj nedvizhimosti [Tekst]: Monografiya / pod. red. Gasilova V. V. – Voronezh, izd-vo «Istoki», 2008. – 326 s.

3. Organizaciya ocenki i nalogooblozheniya nedvizhimosti. Pod red. Dzh. K.EHkkerta. M.: Star Inter, 1997.

4. Sovremennye metody matematicheskogo modelirovaniya ehkonomicheskikh i social'nyh processov // Koncevaya N.V., Prosvirnin YU.G., Skripnikov O.A., Hachevich V.L. Voronezh VPO VGTU, 2006. – 268 s.

5. EHkonomiko-matematicheskie metody v primerah i zadachah: uchebnoe posobie // pod/red Garmasha A.N., M.: INFRA-M, 2014. – 416 s.

6. Internet-istochnik: <http://realty.dmir.ru/news/50835/>

ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

УДК 061.3:681.3.06

Юрий Алексеевич Лямин,
к.т.н., с.н.с., начальник научно-методического отдела ФГБУ НИИ "Восход"
Тел.: (495) 981 88 99 доб. 15-61
Эл. почта: j.lyamin@voskhod.ru

В статье рассматриваются проблемы, возникающие при решении задачи импортозамещения в информационных системах, работающих в интересах государственных органов власти. Сформулированы задачи импортозамещения в сфере информационных технологий. Проанализированы исторически причины возникновения проблемы. Предложены возможные пути решения проблемы.

Ключевые слова: импортозамещение, информационные технологии, территориально-распределенные информационные системы, технологическая независимость.

Yuri A. Lyamin
PhD in Information Science, Associate Professor Head of Scientific and Methodical Department R&D Institute "Voskhod"
Tel.: (495) 981 88 99 доб. 15-61
E-mail: j.lyamin@voskhod.ru

In the article the problems arising when solving the problem of import substitution in information systems, working in the interests of public authorities. Formulated the problem of import substitution in the field of information technology. Historically, analyzed the causes of the problem. Proposed possible solutions to the problem.

Keywords: import substitution, information technology, geographically-distributed information systems, technological independence.

1. Введение

В последние два года термин «импортозамещение» стал одним из самых распространенных терминов в публикациях и выступлениях, независимо от того, в какой сфере деятельности трудится автор.

Классическое определение импортозамещения:

Импортозамещение представляет собой замену иностранных товаров на продукцию отечественного производства. Способствует созданию дополнительных рабочих мест, стимулирует появление новых компаний и предпринимателей в сегменте среднего и малого бизнеса.

Согласно постановлениям правительства РФ, под действие программы по импортозамещению попадают такие отрасли, как

- сельское хозяйство;
- энергетическая отрасль, включающая предприятия ядерной-, топливной- и электроэнергетической промышленности;
- промышленная сфера, включающая станкоинструментальную, авиационную, автомобильную промышленность;
- некоторые другие отрасли, на которые повлияло введение санкций в 2014 году.

Для вышеперечисленных отраслей сформулированное выше определение применимо, но для ИТ-сферы это определение требует существенных уточнений. Связано это с тем, что основной целью импортозамещения в ИТ-сфере является обеспечение реальной технологической независимости России. Это в полной мере относится к создаваемым территориально распределенным информационным системам (ТРИС), разрабатываемых в интересах органов государственной власти.

2. Проблема импортозамещения и уроки истории

Не секрет, что большинство существующих ТРИС базируется на инфраструктурных элементах зарубежного производства, включая аппаратные и программные средства. И первоочередная задача импортозамещения – это обеспечение надежного функционирования существующих ТРИС в условиях возможного и вероятного противодействия со стороны предполагаемых оппонентов. На это, в основном, направлены решения, предлагаемые министерствами и ведомствами, ответственными за проблему импортозамещения.

Однако, это тактическое решение, рассчитанное на весьма короткий период (2–3 года). Вопрос создания новых и модернизации существующих ТРИС должен решаться на более долгосрочный период (10–15 лет). Связано это с целым рядом причин, одной из которых является необходимость формирования кадрового ресурса профессионалов ИТ-сферы. В качестве примера, вспомним ситуацию, с которой наша страна столкнулась 50 лет назад в ИТ-сфере. В тот период времени, существовала достаточно мощная радиопромышленность, которая производила практически все компоненты вычислительной техники. Некоторые ЭВМ (например, БЭСМ-6) по своим характеристикам опережала западные образцы. Однако, общее состояние вычислительного парка отличалось разнородностью и полной программной несовместимостью на уровне объектных кодов. Обеспечить массовую подготовку специалистов в ИТ-сфере, которые были необходимы стране, в этих условиях было невозможно. Поэтому было принято решение, по которому у специалистов до сих пор нет однозначного мнения.

Вместо выбора базовых направлений развития и ведущих разработчиков для основных классов ЭВМ (мейнфреймы, мини-ЭВМ и технологические ЭВМ) из числа отечественных конструкторов, было принято решение базироваться на «позаимствованных» образцах зарубежного производства, получивших широчайшее распространение в западных странах. Для этих

целей были развернуты специальные институты, конструкторские бюро, начата массовая программа подготовки программистов и специалистов по эксплуатации «позаимствованных» аналогов импортных ЭВМ, в ущерб подготовке и обучению конструкторов и программистов для отечественных моделей. Так, например, разработчики программного обеспечения одной из лучших ЭВМ среднего класса Минск-32 получили Ленинскую премию (высшую награду для ученых во времена СССР), и через полгода дальнейшее производство этих ЭВМ было свернуто и заменено на «заимствованную» серию ЕС ЭВМ.

Можно сказать, что именно в этот момент началось «импорто-внедрение» в ИТ-сфере. При этом, процесс заимствования общего программно-го обеспечения (ОПО) упрощался той особенностью, что всё ОПО поставлялось с исходными кодами.

Указанная ситуация привела к практическому прекращению собственных разработок в ИТ-сфере и к активному следованию западным образцам. При этом шло активное внедрение стандартов и методов разработки программного обеспечения, принятых в ряде западных стран. Однако при этом были получены и некоторые плюсы. Профессия программиста стала массовой, были подготовлены преподавательские кадры в ведущих учебных заведениях, развернута система технической поддержки на всей территории страны.

Однако, подобное решение, несмотря на отдельные плюсы и тактический выигрыш, в стратегическом отношении вел в тупик.

Нужно также вспомнить некоторые события того же периода, которые очень напоминают текущую ситуацию в ИТ-сфере в нашей стране.

В конце 70-х годов прошлого века государственные органы нашей страны довольно активно контактировали с мировым лидером ИТ-сферы того периода – компанией ИБМ. При этом компания прекрасно знала, что все программное обеспечение, которые она поставляла в СССР и в страны Восточной Европы, «заимствуется» и «адаптируется» под

наши компьютеры, которые тогда обеспечивали стопроцентную совместимость с «оригинальными» компьютерами серии IBM/360 (а после и IBM/370). Однако, учитывая тот факт, что поставка крупных компьютеров попадала под ограничения КОКОМ, компания ИБМ начала продвигать на рынке серию малых компьютеров IBM Series/1 (еще не персоналок, а скорее мини-ЭВМ). Активно проводились переговоры о приобретении значительного числа этих компьютеров в интересах решения плановых и финансовых задач в органах государственной власти.

Для изучения возможностей этих машин нашими специалистами, компания ИБМ предоставила на годовые испытания один такой компьютер в один из наших открытых научно-исследовательских институтов. Понятно, что в работе над изучением возможностей этой новой системы «неофициально» привлекались ведущие специалисты других институтов, входящих в состав организаций ВПК. Эта работа началась в конце 1979 года, но уже в марте 1980 года была практически остановлена. Причина – «бойкот» со стороны западных стран Московской Олимпиады-80. Компания ИБМ (в лице ее специалистов) до этого заверяла всех, что в основе ее деятельности лежат только экономические интересы – никакой политики. Однако в марте 1980 года представительство компании ИБМ в полном составе уехало из нашей страны в соответствии с рекомендациями Госдепартамента США. А если учесть тот факт, что специально для проведения Олимпиады-80 были закуплены два больших компьютера IBM/370-148 (с условиями использования в последующем для нужд городского хозяйства Москвы, что позволило обойти ограничения КОКОМ), то отъезд всех технических специалистов, которые могли обеспечить качественное сопровождение этих компьютеров, поставил под сомнение политику неучастия компании ИБМ в политике.

К счастью, наши отечественные специалисты успешно справились со всем поставленными вызовами, и, ИТ-сопровождение Московская

Олимпиада-80 прошло без каких-либо сбоев. Но, как говорится, «осадочек осталось», хотя спустя несколько месяцев представительство компании ИБМ возобновило свою работу в Москве. Именно после этих событий, которые показали всю опасность «слепой ориентации» на западные образцы, в нашей стране начались активные разработки отечественных программных средств, в частности, разработка отечественных систем управления базами данных. Конечно, они тоже были ориентированы на использование компьютеров типа ЕС ЭВМ (аналог IBM/370), но в основе уже лежали полностью отечественные программные решения. Среди них стоит отметить систему управления базами данных «Информационная система для ЕС ЭВМ (СУБД ИНЕС)», авторы которой Арлазаров В. Л. и Емельянов Н. Е. через 9 лет были удостоены Премии Совета Министров СССР. Несмотря на то, что системы ИНЕС первоначально разрабатывалась на ЕС ЭВМ, заложенные в ней решения позволяли обеспечить ее потенциальную трансформацию на любую другую платформу. Этот факт получил подтверждение в последующие годы, когда в середине 90-х годов в Институте Системного Анализа РАН (до 1992 г. – ВНИИСИ, в котором работал один из авторов ИНЕС Емельянов Н.Е.) была разработана СУБД «НИКА» является наследницей СУБД «ИНЕС», работавшей на больших машинах серии ЕС ЭВМ. Она уже могла эксплуатироваться на компьютерах интеловской архитектуры.

Именно в 80-х годах в нашей стране активно проводились работы по разработке и адаптации различных СУБД и информационно-поисковых систем. Сейчас становится очевидным, что в тот период времени отечественные разработки находились в худшем положении, чем адаптированные «заимствованные» западные продукты, которые не требовали масштабного финансирования необходимого для собственных решений.

В середине 80-х годов прошлого века к нашим специалистам в сфере ИТ пришло понимание того, что путь

«слепого» копирования западных образцов ведет в потенциальный тупик, но время для принятия соответствующих решений было упущено – в 1991 году мы все оказались в новой реальности и в новой стране.

Есть старый афоризм (авторство приписывают и Платону, и Ломоносову) – «кто забывает прошлое, тот не имеет будущего». И, возможно, следует взглянуть на проблему импортозамещения в ИТ-сфере с учетом полученного ранее отрицательного опыта.

Попытки отхода от использования продукции Майкрософт (которая в конце 90-х годов заняла место, ранее занимаемое компанией ИБМ) начались в нашей стране в начале 2000-х. Этому способствовали страшилки типа «проблема 2000», когда пришло понимание того факта, что отсутствие исходных кодов операционных систем и СУБД делает нас потенциально уязвимыми для любых угроз подобного рода. В эти годы в Министерстве информатизации и связи (ныне Министерство связи и массовых коммуникаций) в 2001 году была создано подразделение, активно занимавшееся попытками внедрения открытого программного обеспечения в деятельность по информатизации органов государственной власти. Однако уже к 2004 году, когда стало ясно, что эту проблему нельзя решить с наскока, это подразделение было ликвидировано без всякого правопреемника. Через пять лет ситуация повторилась. В декабре 2010 года вышло распоряжение Правительства Российской Федерации №2299-р об утверждении плана перехода федеральных органов исполнительной власти и федеральных бюджетных учреждений на использование свободного программного обеспечения в срок до 2015 года. Это распоряжение постигла та же «печальная» судьба, как и многие другие (по крайней мере имеющие отношение к ИТ-сфере). Прошло еще пять лет, и мы снова стоим перед той же проблемой.

Рассмотрим нынешние предложения по созданию отечественной программной платформы. Большая часть предлагаемых вариантов базируется на решениях, лежащих в

основе Linux. Основной довод – это свободно распространяемое ОПО, у которого есть исходные коды. Эти коды позволяют обеспечить отказ от проприетарных решений, предлагаемых западными производителями и обеспечить нашу технологическую независимость.

Однако, не следует забывать, что в основе любых дистрибутивов Linux, лежит единое ядро, разработка которого проводится «энтузиастами», поддерживаемые консорциумом Linux Foundation, в котором трудится и автор Linux – Линус Торвальд. Интересно, что указанный консорциум существует за счет спонсоров, в число которых входят такие известные компании, как Hewlett Packard, IBM, Oracle, Intel, AMD, Cisco, а не менее известная компания Microsoft объявила об установлении партнерских отношений с Linux Foundation. Сравните перечень этих компаний с перечнем основных производителей программного обеспечения, которое мы собираемся «импортозамещать». Не окажемся ли мы в том же положении, как и 50 лет назад, когда мы взяли исходные коды и построили на них всю ИТ-сферу тех времен?

Возможно, следует более внимательно обратить внимание на опыт Китая, который также начал с Linux, а затем уплыл от него в собственном направлении.

Также следует задуматься и об аппаратной платформе, об импортозамещении которой говорят немного меньше. Однако, здесь уже есть некоторые решения, в частности, проект «Эльбрус». Так ФГБУ НИИ «Восход» закупает 22 сервера на базе «Эльбрус-4» для использования в составе государственных информационных систем. Пенсионный фонд России также проводил испытания указанных систем для решения своих задач. Есть и другие примеры, но пока это отдельные шаги в направлении импортозамещения. Несмотря на то, что характеристики этих моделей на несколько лет отстают от последних западных образцов, однако есть и существенное преимущество – частичное решение вопросов обеспечения информационной безопасности за счет отечественной архитектуры. Ясно сейчас только

одно – быстрого и одномоментного решения, подобного тому, что было принято 50 лет назад, нет. Отсутствие единственного представителя от государства, через которого должна осуществляться координация работ в этой области, сейчас тоже нет. Предложенные решения, типа создания реестра отечественных программных средств для органов государственной власти, это тактические решения, применимые для ограниченного круга задач.

3. Заключение

Понятно, что процесс импортозамещения в ИТ-сфере рассчитан на несколько лет, но если не будет выработана государственная политика в импортозамещения в ИТ-системах, не будут выделены ведущие государственные институты, координирующие этот процесс, и не будет организована подготовка кадров для решения этой программ, то результат скорее всего будет не слишком впечатляющим.

При этом последний вопрос, а именно КАДРЫ, может оказаться решающим. Нынешний подход к импортозамещению может рассматриваться как первый (или даже подготовительный) этап длительной и серьезной работы. Существующая сейчас система подготовки специалистов в этой сфере не ориентирована на решение проблем импортозамещения в будущем, она ориентирована на обеспечение ближайших потребностей экономики и производства. И без кардинальных усилий со стороны государства по модернизации системы образования в ИТ-сфере мы не сможем перейти к последующим этапам решения задачи импортозамещения в сфере информационных технологий.

Литература

1. Об утверждении Плана перехода федеральных органов исполнительной власти и федеральных бюджетных учреждений на использование свободного программного обеспечения на 2011–2015 год. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 2299-р.

2. Андрианова Е.Г., Сычева А.И., Багров С.В. Пути обеспечения безопасности функционирования распределённых информационных систем государственного и муниципального управления // ИТ-Стандарт. 2014. Т. 1. № 1–1 (1). с. 52–54.

3. Лямин Ю.А. Проблемы использования импортных программных комплексов при мониторинге информационных систем. // Интеллектуальные системы в информационном противоборстве. Труды конференции. – М.: РЭУ им. Плеханова, 2015, с. 145–149

4. Массух И. Импортозамещение программного обеспечения:

хорошо забытые старые задачи. Экспертный центр электронного государства. Сентябрь 2015. http://d-russia.ru/wp-content/uploads/2015/09/RMI_3_SC.pdf

References

1. Ob utverzhdenii Plana perekhoda federal'nykh organov ispolnitel'noi vlasti i federal'nykh byudzhетnykh uchrezhdenii na ispol'zovanie svobodnogo programmного obесpecheniya na 2011–2015 god. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 17 dekabrya 2010 g. № 2299-r.

2. Andrianova E. G., Sycheva I. A., Bagrov S. V. ways of ensuring security

of functioning of the distributed information systems of state and municipal management // IT-Standard. 2014. T. 1. № 1–1 (1). C. 52–54.

3. Lyamin Y. A. Problems of using foreign software complexes for monitoring of information systems. // Intellectual systems in the information confrontation. Proceedings of the conference. – М.: REU, 2015, с. 145–149.

4. Massukh I. Importozameshchenie programmного obесpecheniya: khorosho zabytye starye zadachi. Ekspertnyi tsentr elektronного gosudarstva. Sentyabr' 2015. http://d-russia.ru/wp-content/uploads/2015/09/RMI_3_SC.pdf

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ВАРИАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЕМ

УДК 517.977

Алла Юрьевна Меерсон,

к. ф.-м. н., доцент кафедры математических методов экономики
Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова (РЭУ
им. Г.В. Плеханова)
Тел.: (495) 465 68 46
Эл. почта: allameerson@yandex.ru

Александр Петрович Черняев,

д. ф.-м. н., профессор кафедры высшей математики Московского физико-технического института (государственного университета) (МФТИ)
Тел.: (495) 465 68 46
E-mail: chernyaev49@yandex.ru

В работе изучаются общие закономерности моделей, основанных на вариационных методах различных задач оптимального управления потреблением: принятия решений при управлении домашним хозяйством, а также моделей экономической динамики Харрода–Домара и Солоу. Роль оптимального управления в этих задачах играет функция потребления: в первой задаче – это функция потребления домашнего хозяйства, в модели Харрода–Домара – это совокупное потребление, а в модели Солоу – это среднелюдское потребление. Роль уравнения связи в первой задаче играет уравнение динамического баланса между доходами, расходами и накопленными сбережениями, в модели Харрода–Домара – уравнение динамического баланса между доходом и инвестициями, с предположением пропорциональности инвестиций и производной от дохода, а в модели Солоу роль уравнения связи играет уравнение динамического баланса между фондовооруженностью, народнохозяйственной производительностью труда и среднелюдским потреблением. Во всех рассматриваемых процессах задача оптимального управления ставится как задача максимизации функционала, выражающего интегральную дисконтированную полезность потребления при справедливости уравнения связи.

Ключевые слова: вариационная задача; уравнение связи; оптимальное управление; потребление; модели экономической динамики; функция полезности; интегральная дисконтированная полезность потребления

Alla Yu. Meyerson,

Phys.-M. D., associate Professor, Department of mathematical methods of economy, Plekhanov Russian University of Economics (PRUE)
Tel: (495) 465-68-46
E-mail: allameerson@yandex.ru

Alexander P. Chernyaev,

professor of the Department of higher mathematics Moscow Institute of physics and technology (state University) (MIPT)
Tel.: (495) 465 68 46
E-mail: chernyaev49@yandex.ru

SOME PROPERTIES OF THE VARIATIONAL PROBLEMS OF OPTIMAL CONTROL OF CONSUMPTION

In this paper we study the General patterns of models based on variational methods in various problems of optimal control of consumption: decision-making in the management of the household, as well as models of the economic dynamics of the Harrod–Domar and Solow. The role of optimal control in these tasks is played by the consumption function: in the first task is a function of consumption of the household, the model of Harrod–Domar is the aggregate consumption, as in the Solow model is per capita consumption. The role of the equation of when the first task is the equation of the dynamic balance between income, expenses, and accumulated savings, the model of Harrod–Domar – equation dynamic balance between income and investment, with the assumption of proportionality of investment and derivative income, as in the Solow model the role of the equation of the relationship is played by the equation of dynamic balance between the capitallabor ratio, economic productivity and per capita consumption. In all considered processes, the optimal control problem is formulated as a maximization problem of the functional expressing the integrated discounted utility of consumption under the equity equation.

Keywords: variational problem; coupling equation; optimal control; consumption; models of economic dynamics; utility function; integrated discounted utility of consumption.

1. Введение.

Итак, задачу оптимального управления в общем виде ставим, как задачу максимизации интегральной дисконтированной полезности потребления [1].

$$\int_{t_0}^{t_1} u(c(t)) \exp(-\delta t) dt \Rightarrow \max. \quad (1.1)$$

Здесь t – время, t_0 и t_1 – начальный и конечный его моменты, а δ – коэффициент дисконтирования. Следуя [1] считаем, что полезность потребления оценивается функцией $u(c)$, которая описывает постоянное отвращение к риску по Эрроу–Пратту:

$$\alpha = -\frac{u''(c)c}{u'(c)} \geq 0. \quad (1.2)$$

Чтобы обосновать (1.2) и обсудить ее экономический смысл, введем обозначение

$$g(c) = u'(c). \quad (1.3)$$

Тогда $g(c)$ является предельной полезностью потребления. Далее, с учетом (1.2)

$$g'(c) = u''(c), \\ E_c(g) = \frac{g'(c)}{g(c)/c} = \frac{u''(c)c}{u'(c)} = -\alpha.$$

Рассматривая (1.2), как дифференциальное уравнение с понижающей порядок уравнения заменой (1.3), получим

$$u(c) = \begin{cases} \frac{\gamma c^{1-\alpha}}{1-\alpha} + \chi, & \alpha \neq 1; \\ \gamma \ln c + \chi, & \alpha = 1; \end{cases} \\ \gamma = \text{const} > 0, \chi = \text{const} \quad (1.4)$$

2. Задача управления домашним хозяйством.

В задаче управления домашним хозяйством считаем, что накопленные сбережения $x = x(t)$, процент по наличным деньгам $\rho = \rho(t)$, зарплата с пенсиями $P = P(t)$ и потребление удовлетворяют уравнению динамического баланса, играющему роль уравнения связи

$$\dot{x} = \rho x + P - c. \quad (2.1)$$

Накопленные сбережения считаем закрепленными на концах временного промежутка:

$$x(t_0) = x_0 \geq 0, \quad (2.2)$$

$$x(t_1) = x_1 \geq 0. \quad (2.3)$$

На c , играющую роль управления, вполне естественно наложить ограничение

$$0 < \underline{c} \leq c \leq \bar{c} < +\infty, \quad (2.4)$$

где $\underline{c}$ – прожиточный минимум, а $\bar{c}$ – прожиточный максимум. Естественно рассмотреть ситуацию, когда выполнено фазовое ограничение

$$x \geq 0. \quad (2.5)$$

Принято: (1.1), (2.1) – (2.3) называть вариационной задачей.

Подставив в левую часть (1.1) потребление c из уравнения (2.1), найдем, что

$$I(x) = \int_{t_0}^t u(\rho(t)x + P(t) - \dot{x}) \exp(-\delta t) dt \quad (2.6)$$

Таким образом, мы имеем задачу максимизации вариационного функционала (2.6) с закрепленными концами (2.2), (2.3).

Уравнение Эйлера для этой задачи будет иметь вид:

$$\rho(t)u'(c(t))e^{-\delta t} + \frac{d}{dt}[u'(c(t))e^{-\delta t}] = 0. \quad (2.7)$$

Систему из (2.7) и (2.1) удастся проинтегрировать [4] и тогда

$$c(t) = (u')^{-1} \left(A \exp \left(\delta t - \int_{t_0}^t \rho(\tau) d\tau \right) \right), \quad (2.8)$$

$$x(t) = \int_{t_0}^t [P(s) - c(s)] \left[\exp \int_s^t \rho(\tau) d\tau \right] ds + x_0 \exp \int_{t_0}^t \rho(\tau) d\tau. \quad (2.9)$$

Постоянная A находится из (2.3). Для проверки реализации экстремалью (2.8), (2.9) экстремума функционала (1.1), или, что то же самое (2.6) достаточно рассмотреть разность

$$I(x+h) - I(x),$$

где $h = h(t)$ – малое возмущение, обращающееся в нуль на концах t_0 и t_1 и воспользоваться тем, что $u''(c(t)) \leq 0$. Справедливость последнего неравенства следует из свойств функции полезности, описывающей постоянное отвращение к риску по Эрроу–Пратту (1.2) [1].

Из (2.2), (2.3) и (2.8), (2.9) следует, что процент по наличным деньгам $\rho = \rho(t)$ и зарплаты с пенсиями $P = P(t)$ должны быть известными на всем отрезке $[t, t_1]$. Экономически это означает, что домашнее хозяйство в момент времени $t < t_1$ не может решить задачу оптимизации потребления не имея прогноза для $\rho(t)$ и $P(t)$ на $(t_0, t_1]$. Если же функции неожиданно меняются в некоторый момент времени t , то решение искомой задачи вообще говоря меняется даже на $(t_0, t]$. Это исследование показывает меру преимущества домашних хозяйств заранее знающих о грядущих изменениях $\rho(t)$ и $P(t)$ перед всеми остальными хозяйствами.

3. Задача управления в модели Харрода-Домара

В макроэкономической модели Харрода–Домара [2, 3, 5, 6] с переменным коэффициентом капиталоемкости

прироста дохода, зависящем от времени мы решаем аналогичную задачу оптимального управления максимизируя интегральную дисконтированную полезность потребления (1.1) только под $c = c(t)$ мы понимаем совокупное потребление.

Уравнение модели Харрода–Домара с экзогенной динамикой потребления произвольного характера имеет вид

$$Y(t) = c(t) + BY'(t). \quad (3.1)$$

Здесь t – по прежнему, время, $Y(t)$ – доход, который рассматривается, как сумма потребления $c(t)$ и инвестиций $I(t)$. Основная предпосылка: $I(t) = BY'(t)$, где B – коэффициент капиталоемкости прироста дохода. До сих пор считалось, что

$$B = \text{const} > 0. \quad (3.2)$$

Для случая (3.2) решение дифференциального уравнения (3.1) известно и дается формулой

$$Y(t) = Y_0 e^{\frac{t-t_0}{B}} - \frac{1}{B} \int_{t_0}^t c(\tau) e^{\frac{t-\tau}{B}} d\tau \quad (3.3)$$

Здесь предполагается выполненным начальные условия

$$Y(t_0) = Y_0 > 0, Y(t_1) = Y_1 \geq 0. \quad (3.4)$$

В настоящей работе предполагается, что B является функцией времени, т. е.

$$B = B(t). \quad (3.5)$$

При условиях (3.4) и (3.5) решение уравнения (3.1) будет даваться формулой

$$Y(t) = Y(t_0) e^{\int_{t_0}^t \frac{ds}{B(s)}} - e^{\int_{t_0}^t \frac{ds}{B(s)}} \int_{t_0}^t \frac{c(\tau)}{B(\tau)} e^{-\int_{t_0}^{\tau} \frac{ds}{B(s)}} d\tau, \quad (3.6)$$

Очевидно, (3.6) является обобщением (3.3).

Выражая потребление из уравнения (3.1) подставим его в (1.1):

$$J(Y) = \int_{t_0}^{t_1} u(Y - B(t)Y') \exp(-\delta t) dt. \quad (3.7)$$

Нам достаточно рассмотреть разность $J(Y+h) - J(Y)$, где $h = h(t)$ – малое возмущение и показать не положительность этой разности.

На основании (3.7) можно записать

$$\begin{aligned} J(Y+h) - J(Y) &= \\ &= \int_{t_0}^{t_1} [u(Y+h - B(t)(Y' + h')) - u(Y - B(t)Y')] e^{-\delta t} dt = \\ &= \int_{t_0}^{t_1} [u(c(t) + h - B(t)h') - u(c(t))] e^{-\delta t} dt. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Используя формулу Тейлора с остаточным членом в форме Пеано, имеем

$$u(c(t) + h - B(t)h') = u(c(t)) + u'(c(t))[h - B(t)h'] + \frac{1}{2}u''(c(t))[h - B(t)h']^2 + R(t), \quad (3.9)$$

где

$$R(t) = o[h - B(t)h']^2, \text{ при } h - B(t)h' \rightarrow 0. \quad (3.10)$$

Подставляя (3.9) и (3.10) в (3.8), получим

$$J(Y + h) - J(Y) = \int_{t_0}^{t_1} u'(c(t))[h - B(t)h']e^{-\delta t} dt + \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_1} u''(c(t))[h - B(t)h']^2 e^{-\delta t} dt + \int_{t_0}^{t_1} R(t)e^{-\delta t} dt. \quad (3.11)$$

Пользуясь интегрированием по частям, мы можем записать

$$\begin{aligned} - \int_{t_0}^{t_1} u'(c(t))B(t)h'e^{-\delta t} dt &= - \int_{t_0}^{t_1} u'(c(t))B(t)e^{-\delta t} dh = \\ &= -u'(c(t))B(t)e^{-\delta t} \Big|_{t_0}^{t_1} + \int_{t_0}^{t_1} h \frac{d}{dt} [u'(c(t))B(t)e^{-\delta t}] dt. \end{aligned}$$

Первое слагаемое правой части последнего равенства обращается в нуль, поскольку

$$h(t_0) = h(t_1) = 0 \quad (3.12)$$

С учетом (3.12) предпоследнее равенство упростится и будет иметь вид

$$- \int_{t_0}^{t_1} u'(c(t))B(t)h'e^{-\delta t} dt = \int_{t_0}^{t_1} h \frac{d}{dt} [u'(c(t))B(t)e^{-\delta t}] dt.$$

Подставляя последнее в (3.11) будем иметь

$$\begin{aligned} J(Y + h) - J(Y) &= \\ &= \int_{t_0}^{t_1} h \{ u'(c(t))e^{-\delta t} + \frac{d}{dt} [u'(c(t))B(t)e^{-\delta t}] \} dt + \\ &+ \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_1} u''(c(t))[h - B(t)h']^2 e^{-\delta t} dt + \int_{t_0}^{t_1} R(t)e^{-\delta t} dt. \end{aligned} \quad (3.13)$$

Используя основную лемму вариационного исчисления, будем иметь уравнение Эйлера:

$$u'(c(t))e^{-\delta t} + \frac{d}{dt} [u'(c(t))B(t)e^{-\delta t}] = 0. \quad (3.14)$$

Для проверки реализации экстремалью определяемой уравнением (3.14) и условиями (3.4) экстремума функционала (1.1), или, что то же самое (3.7) достаточно рассмотреть разность

$$J(Y + h) - J(Y),$$

где $h = h(t)$ – малое возмущение, обращающееся в нуль на концах t_0 и t_1 и воспользоваться тем, что $u''(c(t)) \leq 0$. Справедливость последнего неравенства следует из

свойств функции полезности, описывающей постоянное отвращение к риску по Эрроу–Пратту (1.2) [1].

4. Задача управления в модели Солоу

В макроэкономической модели Солоу [4] мы также решаем аналогичную задачу оптимального управления максимизируя интегральную дисконтированную полезность потребления (1.1) только под $c = c(t)$ мы понимаем среднедушевое потребление.

Модель макроэкономической динамики Солоу весьма популярна и уже стала классической в математической экономике [4]. Уравнение модели макроэкономической динамики Солоу с переменными коэффициентами имеет вид

$$\frac{dk}{dt} = -\lambda k + \rho(1-a)f(k), \quad k(t_0) = k_0 > 0, \quad k(t_1) = k_0 > 0 \quad (4.1)$$

Здесь t – по прежнему, время, которое считается непрерывным и измеряется в годах, а t_0 – его начальный момент; $k = k(t)$ – фондовооруженность; $\lambda = \mu + \nu$, где $\mu \in (0, 1)$ – доля выбывших за год основных производственных фондов, а $\nu \in (-1, 1)$ – годовой темп прироста числа занятых; $a \in (0, 1)$ – коэффициент прямых затрат (доля промежуточного продукта в валовом общественном продукте); $\rho \in (0, 1)$ – норма накопления (доля валовых инвестиций в валовом внутреннем продукте); $x = f(k)$ – народнохозяйственная производительность труда. Поскольку, для среднедушевого потребления имеется выражение

$$c = c(t) = (1-\rho)(1-a)x = (1-\rho)(1-a)f(k), \quad (4.2)$$

то из (4.2) получаем

$$(1-a)f(k) = \frac{c}{1-\rho}, \quad \rho \neq 1. \quad (4.3)$$

Подставляя (4.3) в (4.1), будем иметь

$$\frac{dk}{dt} = -\lambda k + \frac{c\rho}{1-\rho}. \quad (4.4)$$

Выражая из (4) среднедушевое потребление, получим

$$c = c(t) = \frac{1-\rho}{\rho} \left[\frac{dk}{dt} + \lambda k \right], \quad \rho \neq 0. \quad (4.5)$$

Задача оптимального управления ставится, как максимизация интегральной дисконтированной полезности среднедушевого потребления:

$$\int_{t_0}^{t_1} u(c(t)) \exp(-\delta t) dt, \quad (4.6)$$

где u – функция полезности, а δ – коэффициент дисконтирования будущей полезности [1].

Мы опять применяем вариационный метод решения задачи. Обозначив (4.6) за $J(k)$, получаем функционал, как объект максимизации

$$J(k) = \int_{t_0}^{t_1} u(c(t)) \exp(-\delta t) dt. \quad (4.7)$$

Пользуясь, теперь, выражением (4.5) из (4.7) получим:

$$J(k) = \int_{t_0}^{t_1} u \left(\frac{1-\rho}{\rho} \left[\frac{dk}{dt} + \lambda k \right] \right) \exp(-\delta t) dt. \quad (4.8)$$

Нам опять достаточно рассмотреть разность $J(k+h) - J(k)$, где $h = h(t)$ – малое возмущение и показать неположительность этой разности.

На основании (4.8), пользуясь линейностью интеграла, можно записать

$$J(k+h) - J(k) = \int_{t_0}^{t_1} e^{-\delta t} \left\{ u(c(t) + \frac{1-\rho}{\rho} [h' + \lambda h]) - u(c(t)) \right\} dt. \quad (4.9)$$

Используя формулу Тейлора с остаточным членом в форме Пеано, имеем

$$\begin{aligned} u(c(t) + \frac{1-\rho}{\rho} [h' + \lambda h]) &= \\ &= u(c(t)) + u'(c(t)) \left[\frac{1-\rho}{\rho} (h' + \lambda h) \right] + \\ &+ \frac{1}{2} u''(c(t)) \left[\frac{1-\rho}{\rho} (h' + \lambda h) \right]^2 + R(t), \end{aligned} \quad (4.10)$$

где

$$R(t) = o \left[\frac{1-\rho}{\rho} (h' + \lambda h) \right]^2 \text{ при } \frac{1-\rho}{\rho} (h' + \lambda h) \rightarrow 0. \quad (4.11)$$

Подставляя (4.10) и (4.11) в (4.9), получим

$$\begin{aligned} J(k+h) - J(k) &= \int_{t_0}^{t_1} u'(c(t)) \left[\frac{1-\rho}{\rho} (h' + \lambda h) \right] e^{-\delta t} dt + \\ &+ \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_1} u''(c(t)) \left[\frac{1-\rho}{\rho} (h' + \lambda h) \right]^2 e^{-\delta t} dt + \int_{t_0}^{t_1} R(t) e^{-\delta t} dt. \end{aligned} \quad (4.12)$$

Пользуясь интегрированием по частям, мы можем записать

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^{t_1} u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} h' e^{-\delta t} dt &= \int_{t_0}^{t_1} u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} e^{-\delta t} dh = \\ u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} e^{-\delta t} h \Big|_{t_0}^{t_1} - \int_{t_0}^{t_1} h \frac{d}{dt} \left[u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} e^{-\delta t} \right] dt. \end{aligned} \quad (4.12')$$

Первое слагаемое правой части последнего равенства обращается в нуль, если мы ставим задачу с закрепленными концами

$$h(t_0) = h(t_1) = 0 \quad (4.13)$$

С учетом (4.13) предпоследнее равенство упрощается и будет иметь вид

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^{t_1} u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} h' e^{-\delta t} dt &= \\ = - \int_{t_0}^{t_1} h \frac{d}{dt} \left[u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} e^{-\delta t} \right] dt. \end{aligned} \quad (4.12'')$$

Подставляя (4.12'') в (4.12) будем иметь

$$\begin{aligned} J(k+h) - J(k) &= \\ &= \int_{t_0}^{t_1} h \left\{ u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} \lambda e^{-\delta t} - \frac{d}{dt} \left[u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} e^{-\delta t} \right] \right\} dt + \\ &+ \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_1} u''(c(t)) \left[\frac{1-\rho}{\rho} (h' + \lambda h) \right]^2 e^{-\delta t} dt + \int_{t_0}^{t_1} R(t) e^{-\delta t} dt. \end{aligned} \quad (4.14)$$

Используя основную лемму вариационного исчисления, будем иметь уравнение Эйлера:

$$u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} \lambda e^{-\delta t} - \frac{d}{dt} \left[u'(c(t)) \frac{1-\rho}{\rho} e^{-\delta t} \right] = 0. \quad (4.15)$$

Для проверки реализации экстремалью определяемой уравнением (4.15) и предыдущими условиями экстремума функционала (1.1), или, что то же самое (4.7) достаточно рассмотреть разность

$$J(k+h) - J(k),$$

где $h = h(t)$ – малое возмущение, обращающееся в нуль на концах t_0 и t_1 и воспользоваться тем, что $u''(c(t)) \leq 0$. Справедливость последнего неравенства следует из свойств функции полезности, описывающей постоянное отвращение к риску по Эрроу–Пратту (1.2) [1].

5. Заключение

Мы рассмотрели различные модели экономической динамики [1–6], общей особенностью которых является оптимизационная постановка. В них нужно максимизировать интегральную дисконтированную полезность потребления. Все эти три модели это задачи оптимального управления и в роли управления выступает потребление. В первом случае это потребление домашнего хозяйства, во втором – совокупное потребление, а в третьем среднечеловеческое потребление. В работе разбирается вариационный подход ко всем трем задачам и демонстрируются преимущества этого подхода.

Литература

1. Дикусар В.В., Меерсон А.Ю., Черняев А.П. Модели потребления и вопросы оптимального управления // Теоретические и прикладные задачи нелинейного анализа. – М.: ВЦ РАН 2005. С. 46–61.
2. Harrow R.F. An Essay in Dynamic Theory // Economic Journal. – 1939. – Март (№ 49) – С. 14–33.

3. Domar E. Capital Expansion. Rate of Growth and Employment // *Econometrica*. – 1946. – Апрель (т. 14, № 2) – С. 137–147.

4. Solow R.M. Contribution to the Theory of Economic Growth // *The Quarterly Journal of Economics*. – 1956. – February, Vol. 70. № 1 – P. 65–94.

5. Easterly W. The ghost of financing gap: how the Harrod-Domar growth model still haunts development economics // Research working paper, Washington, DC: World Bank.– 1997.– № WPD 1807.– P. 13.

6. Hoover K.D. Was Harrod Right? // GREDEG WP № 2013 – 02. – 2008.

References

1. Dikumar V.V., Meyerson, A.Yu, Chernyaev A.P. Patterns of consumption and issues of optimal control //

Theoretical and applied problems of nonlinear analysis. – Moscow: CC RAS 2005. Pp. 46–61.

2. Harrod R.F. An Essay in Dynamic Theory // *Economic Journal*. – 1939. – Март (№ 49) – С.14–33.

3. Domar E. Capital Expansion. Rate of Growth and Employment // *Econometrica*. – 1946. – Апрель (т. 14, № 2) – С. 137–147.

4. Solow R.M. Contribution to the Theory of Economic Growth // *The Quarterly Journal of Economics*. – 1956. – February, Vol. 70. № 1 – P. 65–94.

5. Easterly W. The ghost of financing gap: how the Harrod-Domar growth model still haunts development economics // Research working paper, Washington, DC: World Bank.– 1997.– № WPD 1807.– P. 13.

6. Hoover K.D. Was Harrod Right? // GREDEG WP № 2013 – 02. – 2008.

ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В МЕТОДОЛОГИИ МНОГОУРОВНЕВОГО ФИНАНСОВОГО МЕНЕДЖМЕНТА

УДК 336.7

Андрей Геннадьевич Михеев,
к.ф.-м.н., доцент каф. Бизнес-информатики и систем управления производством Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (НИТУ МИСиС)
Тел.: (495) 955 01 06
Эл. почта: andrmikheev@yandex.ru

В статье рассматривается применение процессного подхода к финансовому менеджменту. Изложена методология многоуровневого финансового менеджмента, основанная на делегировании части функций управления финансовыми ресурсами в нижестоящие подразделения организации, автоматизации процессов передачи финансовых ресурсов между подразделениями различных уровней иерархической структуры кредитной организации, внедрении в механизм финансового управления процессного подхода с непосредственным исполнением бизнес-процессов в компьютерной среде, использовании стратегического управления организацией при помощи изменения границ коэффициентов, являющихся параметрами механизма децентрализованного управления, построении «быстрых» финансовых показателей, учитывающих условия сделок передачи финансовых ресурсов, а также эффективной трансформации бизнес-процессов.

Основное внимание в работе сосредоточено на описании управления бизнесом кредитной организации путем применения процессной трансформации к бизнес-процессам совершения сделок передачи финансовых ресурсов.

Ключевые слова: управление, бизнес-процесс, финансовые ресурсы, процессная трансформация.

Andrey G. Mikheev,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Business Informatics and Industrial Management Systems of National University of Science and Technology MISiS (NITU MISiS)
Tel.: (495) 955 01 06
E-mail: andrmikheev@yandex.ru

BUSINESS PROCESSES TRANSFORMATION IN THE METHODOLOGY OF MULTILEVEL FINANCIAL MANAGEMENT

The article discusses the application of process approach to financial management. The multilevel financial management methodology is described. It is based on the delegation of the financial management functions in the downstream division of the organization, process automation, transfer of financial resources between units of different levels of the hierarchical structure of the credit institution, the implementation of a financial management mechanism of the process approach, execution of business processes in the computer environment, using the strategic management of the organization by changing the coefficients, which are the parameters of decentralized control mechanism, using the construction of the «fast» financial indicators, taking into account the terms of financial resources transfer transactions and effective transformation of business processes. The article is focused on the credit institution business management through the application of process transformation to transfer funds business processes.

Keywords: control, business process, financial resources, process transformation.

1. Введение

Во многих ситуациях более эффективное управление финансовыми ресурсами в кредитной организации может достигаться не при управлении из единого центра, а при децентрализованном управлении, когда значительная часть функций по управлению финансовыми ресурсами передается от высшей администрации организации в подчиненные подразделения. При таком управлении большую часть деятельности кредитной организации можно представить в виде взаимодействующих друг с другом бизнес-единиц, которые являются центрами создания стоимости. Однако практическая организация децентрализованного управления на предприятии сопряжена с рядом технических сложностей, связанных с учетом большого количества операций, обработкой больших массивов данных, необходимостью быстрого изменения регламентов взаимодействия бизнес-единиц.

В конце 90-х годов на предприятиях появились сети персональных компьютеров, а затем – сетевые программы масштаба предприятия. В последующие годы развивался теоретический и программный инструментарий управления. Появилась концепция процессного управления организацией, предусматривающая формальные нотации описания схем бизнес-процессов, использующая программное обеспечение для исполнения, мониторинга и анализа бизнес-процессов, допускающая возможность быстрого динамического перестроения схем бизнес-процессов.

Методология управления, использующая появившийся в последние годы инструментарий дает возможность преодолеть сложности, возникающие при реализации децентрализованного управления в кредитных организациях, позволяет разработать новый подход к проблеме повышения эффективности управления финансовыми ресурсами, а также создать реализующий данный подход инструментарий.

2. Проблемы, связанные с реализацией децентрализованного управления в кредитных организациях

Децентрализация управления, создание бизнес-единиц, делегирование в нижестоящие подразделения возможностей по управлению и одновременно ответственности за часть результатов были предложены давно, эти понятия были описаны в работе [6] Х. Виссемы. Различные варианты современного децентрализованного управления кредитной организацией рассматриваются, например, в работах [1], [7], [8]. Однако практическая реализация такого управления приводит к различным проблемам, в частности, к появлению несогласованных действий различных подразделений, а также возможности злоупотреблений. Для решения данных проблем можно контролировать значения финансовых показателей деятельности предприятия.

Однако, использование для этих целей традиционных финансовых показателей не дает удовлетворительных результатов. Многие из используемых на практике показателей основаны на значениях счетов бухгалтерского учета. Такие показатели разрабатывались в то время, когда предприятия были недостаточно автоматизированы и практически единственным источником финансовой информации для аналитиков были данные бухгалтерского учета. Эти

финансовые показатели слишком медленно реагируют на изменения. Более современные динамические показатели, основанные на использовании дисконтированных денежных потоков, как правило, не могут показать риски отдельной операции, т.к. не учитывают конкретные условия передачи финансовых ресурсов подразделению. Их можно использовать только усреднено (как показатели деятельности всей кредитной организации или ее филиала).

Поэтому для ограничения рисков в случае делегирования функций принятия решения в нижестоящие подразделения нужно разрабатывать новые показатели, более быстро реагирующие на изменения.

Традиционные финансовые показатели деятельности организации недостаточно точно описывают финансовые результаты деятельности различных подразделений организации, результаты деятельности работников. Например, бухгалтерская прибыль часто не соответствует реальной эффективности кредитной операции. Вследствие этого интересы подразделений и отдельных работников организации могут не совпадать с интересами кредитной организации в целом, что снижает эффективность управления при помощи этих показателей, особенно в случае децентрализованного управления.

Поэтому кредитным организациям требуются более точные, чем традиционные, показатели эффективности, учитывающие конкретные условия передачи ресурсов подразделению.

В существующих работах по децентрализованному управлению предприятием недостаточно исследованы вопросы автоматизации, не проработаны подходы к реализации быстрого изменения схем взаимодействия бизнес-единиц в ответ на изменения условий бизнеса и состояний финансовых рынков. В настоящее время бизнес становится все более изменчивым, поэтому требуется увеличить скорость реагирования управленческой структуры предприятия на изменения.

Также в существующих работах недостаточно исследованы задачи автоматизации учета принятых

решений и оперативного учета финансовых средств, переданных в управление различным подразделениям. Эти задачи не решаются традиционными методами, они требуют разработки новых теоретических подходов, а также новых инструментальных средств.

Для автоматизации современного финансового управления кредитной организацией возможно использовать процессный подход. В этом случае автоматизация предполагает реальное исполнение бизнес-процессов в компьютерной среде. Однако традиционные работы в области процессного управления ориентированы на построение бизнес-процессов организации «на бумаге». В этих работах предполагается, что после разработки бизнес-процесса его внедрение в организации будет происходить без реального исполнения этого процесса на компьютере, косвенными способами: через изменение должностных инструкций, организационной структуры, прямые указания руководителей. При внедрении бизнес-процессов, реально исполняемых в компьютерных системах (исполнимых бизнес-процессов), появляются проблемы, решения которых не дают традиционные теории процессного подхода. При использовании компьютерных сред требуется более строгая проработка различных элементов бизнес-процессов. В частности, для бизнес-процессов, выполняющихся на компьютере, необходимо разработать механизмы назначения конкретных исполнителей на роли бизнес-процессов, разработать методы повышения надежности исполнения бизнес-процессов таким образом, чтобы надежность работы всего бизнес-процесса была выше надежности работы каждого сотрудника, в нем участвующего.

Существенным в методологии многоуровневого финансового менеджмента является использование бизнес-процессов, непосредственно исполняющихся в компьютерной среде. Однако, существующий программный инструмент для исполнимых бизнес-процессов несовершенен, практическая реализация концепции многоуровневого

финансового менеджмента требует, как его теоретического развития, так и развития в области программных решений. Кроме того, необходимость стратегической независимости российской банковской системы требует использования в российских кредитных учреждениях программного инструментария на основе российских разработок, а также наличия в России центра компетенции по процессному программному инструментарию.

Как у подхода традиционного финансового управления организацией, так и у процессного подхода к управлению предприятием есть серьезные нерешенные проблемы. Кроме того, степень интеграции этих направлений в настоящее время недостаточна, при их скоординированном развитии можно получить существенно лучшие результаты.

3. Методология многоуровневого финансового менеджмента

Комплексная методология многоуровневого финансового менеджмента основана на экономико-математических методах и инструментальных средствах: децентрализации управления, фиксации сделок передачи финансовых ресурсов между подразделениями различных уровней управленческой иерархии предприятия, внедрении в механизм финансового управления процессного подхода, использовании стратегического управления организацией при помощи изменения границ коэффициентов, являющихся параметрами механизма децентрализованного управления, применении «быстрых» финансовых показателей, учитывающих условия сделок передачи финансовых ресурсов, а также управления бизнесом при помощи процессной трансформации.

Методология предполагает развитие инструментальных средств и математического аппарата управления финансовыми ресурсами, развитие методов их применения к деятельности кредитных организаций, а также использование разработанного математического аппарата в инструментальных программных средствах для повышения эффективности управления финансовыми ресурсами.

Научные выводы и практические рекомендации методологии направлены на повышение эффективности управления финансовыми ресурсами в современных условиях ведения бизнеса путем процессной автоматизации децентрализованного управления кредитной организацией.

При построении методологии были решены следующие задачи:

1. Разработаны процессные методы оперативного финансового управления, поддерживающие децентрализацию принятия управленческих решений, дающие возможность заключения внутренних и внешних сделок передачи финансовых ресурсов для подразделений разных уровней иерархической структуры кредитной организации

2. Разработана модель передачи финансовых ресурсов между подразделениями кредитной организации и оперативного учета средств, переданных в управление подразделениям в виде бизнес-процессов, непосредственно исполняющихся в компьютерной среде, для возможности быстрой разработки и коррекции правил передачи финансовых ресурсов в ответ на изменения условий бизнеса кредитной организации

3. Разработан подход к построению механизма стратегического управления финансовыми ресурсами, опирающийся на задание границ показателей деятельности предприятия, а также других коэффициентов, являющихся параметрами механизма децентрализованного управления

4. Разработан подход к управлению бизнесом кредитной организации на основе трансформации бизнес-процессов, относящихся к распределению финансовых ресурсов.

5. Разработаны методы построения финансовых показателей риска и эффективности деятельности организации, учитывающих условия получения финансовых ресурсов, а также более быстро, чем традиционные показатели, реагирующих на изменения рыночных цен, что даст возможность оперативно оценить эффективность сделок передачи финансовых ресурсов

6. Разработан подход к построению методов поддержки принятия

решений, учитывающий условия получения финансовых ресурсов

7. Разработаны методы интеграции процедур поддержки принятия решений в бизнес-процессы кредитной организации, что позволяет повысить качество управленческих решений

8. Создан теоретический и программный инструментарий исполнения бизнес-процессов в компьютерной среде, применимый к построению бизнес-процессов управления финансовыми ресурсами кредитной организации/

4. Управление бизнесом при помощи процессной трансформации

В методологии многоуровневого финансового менеджмента процессный инструментарий предлагается использовать необычным для традиционных работ образом: в виде бизнес-процессов предлагается реализовать заключение и исполнение внутренних и внешних сделок по передаче финансовых ресурсов между бизнес-единицами. В некоторые узлы схем бизнес-процессов заключения и исполнения этих сделок предлагается вставить расчет показателей риска, ожидаемой эффективности операции и других показателей поддержки принятия решения. Если показатели риска превышают заданные пределы, то

бизнес-процесс не должен регистрировать соответствующую сделку.

Механизм заключения сделок предлагается реализовать в автоматизированной компьютерной среде. Типичная, сделка состоит в следующем: Бизнес-единица, предлагающая заключить сделку, запускает экземпляр бизнес-процесса, в стартовых данных которого указывает бизнес-единицу или группу бизнес-единиц, с которым оно собирается заключить сделку, а также предлагаемые параметры сделки.

Далее бизнес-единицы получают задачу: рассмотреть предложение о сделке передачи финансовых ресурсов. Задача эта ограничена по времени некоторым временным интервалом, то есть, если за время этого интервала никто задачу не выполнит, то данный экземпляр бизнес-процесса автоматически завершится и сделка заключена не будет. Если внутри этого интервала представитель какого-то подразделения, отметит выполнение задачи по рассмотрению предложения (примет условия сделки), то сделка будет заключена с данным подразделением. Далее автоматически будет запущен подпроцесс исполнения сделки.

Принципиальная схема бизнес-процесса заключения одного из вариантов внутренней сделки (в упрощенном виде) изображена рис. 1.

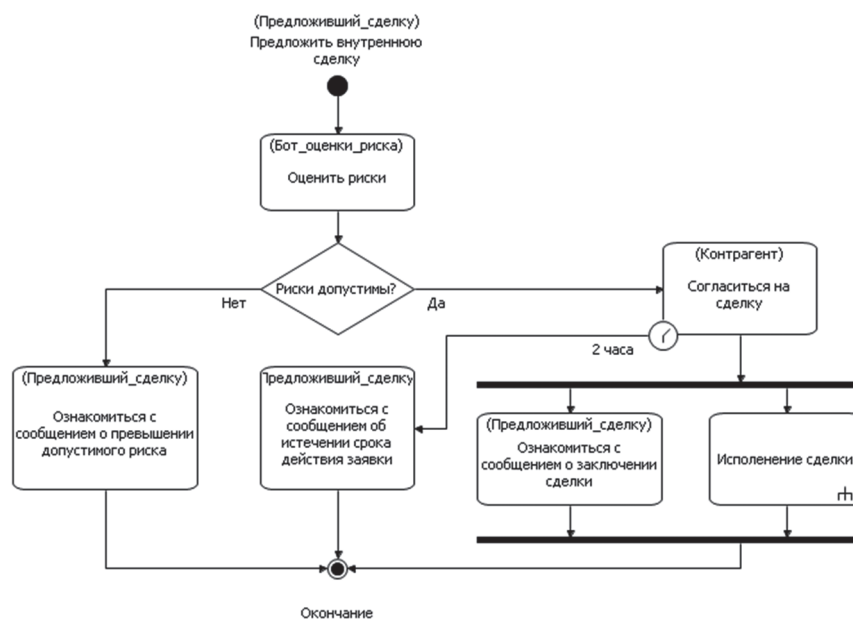


Рис. 1. Принципиальная схема бизнес-процесса заключения одного из вариантов внутренней сделки в UML-нотации ([17])

Реализация механизма заключения и исполнения сделок в виде бизнес-процессов, исполняющихся в компьютерной среде, является дешевым решением. Нет необходимости создавать специализированный инструментарий, учитывающий все возможные варианты заключения и исполнения сделок. Для реализации данного решения можно использовать универсальную систему управления бизнес-процессами (СУБП). Также это решение очень гибкое, легко поддающееся адаптации и изменениям, допускающее добавление новых видов сделок т.к. бизнес-процессы для можно очень быстро создавать и модифицировать.

Возникающие при этом риски несогласованности действий, а также риски злоупотреблений предлагается контролировать при помощи встраивания в бизнес-процессы заключения сделок автоматических функций контроля показателей риска.

Стратегическое управление финансовыми ресурсами в этом случае можно осуществлять косвенным образом, путем задания границ рисков и показателей деятельности предприятия, а также других коэффициентов, являющихся параметрами сделок передачи финансовых ресурсов.

Реализация сделок передачи финансовых ресурсов в виде бизнес-процессов, непосредственно исполняемых в компьютерной среде предприятия дает возможность быстро осуществлять управление бизнесом в части, относящейся к распределению финансовых ресурсов, при помощи трансформации соответствующих бизнес-процессов.

Трансформация – это существенное изменение бизнес-процессов предприятия. Понятие «Трансформация» подобно понятию «Реинжиниринг». Отличие в том, что понятие «Трансформация» более современное. По сравнению с «Реинжинирингом» «Трансформация» подразумевает качественно другой уровень автоматизации. Также в рамках «Трансформации», в отличие от «Реинжиниринга», большое внимание уделяется работе с людьми, – вовлечению сотрудников предприятия в проекты трансформации,

созданию творческой атмосферы сотрудничества и появлению у работников ощущения сопричастности к трансформации.

Поясним использование трансформации для управления бизнесом на примерах. В некоторых условиях заключение прямых сделок между подразделениями или выход привлекающих ресурсы подразделений на внешний рынок могут уменьшить общую прибыль кредитной организации. Например, если привлекающее ресурсы подразделение банка самостоятельно выйдет на внешний рынок и разместит эти ресурсы по ставке, немного превышающей ставку казначейства, то, несмотря на то, что прибыль подразделения увеличится, банк получит упущенную выгоду потому что, если бы эти средства были переданы казначейству, то казначейство разместило бы их в другом подразделении и это подразделение получило бы существенную дополнительную прибыль от размещения ресурсов. То есть, прибыль всей кредитной организации была бы больше.

Для того, чтобы избежать таких ситуаций, можно применять различные решения. Например, запретить привлекающим ресурсы подразделениям (кроме казначейства) самостоятельный выход на внешние рынки размещения средств или разрешить самостоятельный выход на внешние рынки, но установить минимальную ставку доходности на внешних рынках. Управление бизнесом кредитной организации может включать в себя смену решения по возможности выхода на внешние рынки, осуществляемую путем быстрой трансформации находящихся в эксплуатации бизнес-процессов заключения сделок. Так как в данном случае трансформируются бизнес-процессы, исполняющиеся в компьютерной среде предприятия, изменение бизнеса можно произвести максимально быстро.

В качестве второго примера рассмотрим применение трансформации для бизнес-процессов, реализующих сделки между подразделениями. В некоторых случаях заключение прямых сделок между подразделениями минуя проме-

жуточный иерархический уровень может уменьшить общую прибыль кредитной организации. Пусть казначейство заключило сделку на некоторый срок с управлением финансовых и фондовых операций. Руководитель управления, хорошо понимая общее поведение рынков ценных бумаг, может на часть этого срока при помощи соответствующей сделки передать полученные средства отделу, осуществляющему операции с акциями, а завершив сделку с этим отделом, передать полученные средства отделу, занимающемуся операциями с облигациями. Если эти средства казначейство передало бы на весь срок только одному из этих отделов, то общая прибыль кредитной организации, скорее всего, была бы меньше.

Для того, чтобы избежать упущенной выгоды можно как устанавливать приоритеты участникам сделок, так и добавлять в сделку маржу в стоимость ресурсов. В этом случае, стоимость, по которой подразделение получает ресурсы, будет на величину маржи превышать стоимость, по которой другой участник сделки передает ему эти ресурсы. Переход от одного решения к другому можно проводить путем трансформации исполнимых бизнес-процессов передачи финансовых ресурсов в зависимости от изменяющихся условий бизнеса кредитной организации.

5. Заключение

В настоящее время в России созрели условия для процессной реализации финансового менеджмента в кредитных организациях:

Эти организации полностью оснащены компьютерной техникой, автоматизированы многие сферы их работы. В кредитных организациях работает большое количество специалистов в финансовой сфере и в информационных технологиях. Теории, описывающие как процессное управление, так и финансовый менеджмент активно развиваются. На рынке программных продуктов появилось много программных средств автоматизации на основе процессного подхода, в частности существуют российские проекты

разработки такого программного обеспечения. Например, продукты ELMA и RunaWFE.

Литература

1. Поморина М.А. Финансовый менеджмент в системе стратегического управления банком. – М.: ГУУ 2008.

2. Михеев А. Г. Учет доходов подразделений банка при децентрализованном управлении финансовыми ресурсами // Банковские технологии № 11 2001. С. 52–56.

3. Донская В.Ю. Трансфертные цены: достоинства и недостатки способов расчета // Математические модели и информационные технологии в менеджменте. Вып. 1. СПб.: СПбГУ, 2001. С. 148–157.

4. Ольхова Р. Г. Банковское дело. Управление в современном банке. / Учебное пособие. – М. Кнорус 2011.

5. Портер М. Конкурентное преимущество: Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость. М. Альпина бизнес букс 2006.

6. Виссема Х. Менеджмент в подразделениях фирмы. Предпринимательство и координация в децентрализованной компании. М. ИНФРА-М 1996.

7. Масленченков Ю. С. Финансовый менеджмент банка М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.

8. Тютюнник А. В. Реинжиниринг кредитных организаций. Управленческая аналитическая разработка. – М.: БДЦ-Пресс, 2001 – 312 с.

9. Абдикеев Н.М., Данько Т.П., Ильдеменов С.В., Киселев А.Д. Реинжиниринг бизнес-процессов. – М.: Эксмо, 2005.

10. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов: Компонентная методология. – М.: Финансы и статистика, 2004.

11. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов. – М.: Финансы и статистика, 2006.

12. Кловпулос Т. Необходимость Workflow. – М. Весть-МетаТехнология 2000.

13. Вагнер Ю. Б. BPMS-эффект // Автоматизация в промышленности. 2009. №7. С. 11–15.

14. Михеев А. Г., Орлов М. В. Система управления бизнес-процессами и административными регламентами. // Программные продукты и системы, № 3 2011 С. 126–130.

15. Фёдоров И.Г. Сравнительный анализ нотаций моделирования бизнес-процессов // Открытые системы № 08 2011.

References

1. Pomorina M.A. (2008) Finansovyy menedzhment v sisteme strategicheskogo upravleniya bankom (Financial management in the system of the Bank strategic management) – Moscow: GUU (in Russian).

2. Mikheev A.G. Uchet dohodov podrazdeleniy banka pri dechentralizovannom upravlenii finansovymi resursami (The calculation of income of the Bank divisions under financial resources decentralized control) // Banking technology № 11 2001. (in Russian).

3. Donskaya V.Yu (2001) Transferntnye tseny: Dostoinstve I nedostatki sposobov rascheta (Transfer prices: the advantages and disadvantages of methods of calculation) // Mathematical models and informational technologies in management. № 1. St. Petersburg.: St. Petersburg state University (in Russian).

4. Olkhova R.G. (2011) Bankovskoe delo. Upravlenie v sovremennom banke (Banking. Management in the modern Bank.) – Moscow. KNORUS (in Russian).

5. Porter, Michael E. (1998) Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. [2nd ed.] New York: Free Press.

6. Wissema H. (1992) Unit Management, Entrepreneurship and Coordina-

tion in the Decentralised Firm, London: Pitman Publishing.

7. Maslechenkov Yu. S. (2003) Finansovyy menedzhment banka (Financial management of the Bank) Moscow.: UNITI-DANA (in Russian).

8. Tutunnik A. V. (2001) Re-inzhiniring kreditnyh organizatsiy. Upravlencheskaya analiticheskaya razrabotka. (Reengineering of the credit organisations. Management of analytical development) – Moscow.: BDTS-Press (in Russian).

9. Abdikeev N.M., Danko T.P., Ildemenov S.V., Kiselev A.D. (2005) Reinzhiniring biznes-protsessov (Business process reengineering). Moscow: Eksmo (in Russian).

10. Telnov Yu.F. (2004) Reinzhiniring biznes-protsessov. Komponentnaya metodologiya [Business process reengineering. Component methodology]. Moscow: Finance and Statistics (in Russian).

11. Kalyanov G.N. (2006) Modelirovanie, analiz, reorganizatsiya i avtomatizatsiya biznes-protsessov (Business processes modeling, analysis, reorganization and automation) – Moscow: Finance and Statistics, 2006 (in Russian).

12. Koulopoulos T. (1995) The Workflow Imperative: Wiley, John & Sons, Incorporated.

13. Vagner Yu.B. (2009) BPMS-effect [Effect of BPMS]. Automation in Industry, no. 7, pp. 42–47 (in Russian).

14. Mikheev A.G. Orlov M.V. (2011) Sistema upravleniya bisnes-protsessami i administrativnymi reglamentami [Business process and administrative regulation system]. Programmnye Produkty i Sistemy, no. 3, pp. 126–130 (in Russian).

15. Fiodorov I.G. (2011) Srvnitelnyj analiz notatsij modelirovaniya biznes-protsesov [Comparative analysis of business process modeling notations]. Open Systems, no. 8, pp. 28–32 (in Russian).

АРХИТЕКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ: ПРОБЛЕМА ОПИСАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КАПИТАЛА

УДК 334.7

Кирилл Георгиевич Скрипкин,
к.э.н., доц. каф. Экономической информатики
Экономического факультета
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
доц. каф. Управления информационными системами и цифровой инфраструктуры
Факультета менеджмента
НИУ ВШЭ
Тел.: (495) 939 30 67
Эл. почта: k.skripkin@gmail.com

В статье описывается подход к описанию организационного капитала в рамках описания архитектуры предприятия. Предлагаемый подход сфокусирован на проблеме согласованности организационных механизмов предприятия друг с другом, с внешней средой, с требованиями используемых технологий и работников предприятия. В основе подхода лежит теория организационного дизайна Г.Минцберга. Применение предлагаемого подхода рассматривается на примере влияния мероприятий МОН на организационный капитал российского вуза.

Ключевые слова: архитектура предприятия, организационный капитал, организационный дизайн, конфигурация организации, бизнес-модель.

Kirill G. Skripkin,
Ph.D in Economics, Associate professor,
the Department of Economic informatics,
Lomonosov Moscow State University,
Faculty of Economics
NRU HSE, Faculty of Business and Management,
School of Business Informatics, Department of Information Systems and Digital Infrastructure management
Tel.: (495) 939 30 67
E-mail: k.skripkin@gmail.com

ORGANIZATIONAL CAPITAL IN ENTERPRISE ARCHITECTURE

The paper describes a new approach to the description of organizational capital in enterprise architecture. This approach is focused on internal consistency of organizational mechanisms and their fit to the requirements of technologies in use and key employees. The description rests on Henry Mintzberg organizational design theory. The value of this description is demonstrated for the case of influence of Ministry of Education and Science policy on the organizational capital of the Russian university.

Keywords: Enterprise architecture, organizational capital, design configuration, business model canvas.

1. Введение

В экономической науке под организационным капиталом понимаются «практические знания и опыт, используемые для сочетания человеческих навыков и материального капитала в системы, производящие и продающие продукты, удовлетворяющие нужды потребителей»¹ [1, 1988, с. 2237]. При таком понимании определяющие характеристики организационного капитала – согласованность с характеристиками рабочей силы и особенностями используемого материального капитала, а также внутренняя согласованность используемых организационных механизмов. Такая согласованность – результат длительной и кропотливой работы по организационному развитию. В то же время, этой согласованности угрожает целый ряд явлений: реинжиниринг и внедрение информационных систем, особенно, в случае ведущей роли внешних консультантов, слияния и поглощения, наконец, законодательные изменения. Угроза усиливается в том случае, если предприятие не имеет формализованного описания его организационного капитала.

К сожалению, распространенные сегодня способы моделирования организации не вполне адекватны задаче описания организационного капитала. Как показано в [2], современные стандарты моделирования бизнес-процессов совершенно не подходят для оценки такого соответствия. Стандарты описания архитектуры значительно ближе к рассматриваемой задаче, однако, как будет показано ниже, также имеют ряд ограничений.

В связи с этим в настоящей работе предлагается инструмент описания организационного капитала, разработанный на основе теории организационного дизайна Г.Минцберга [3].

Работа имеет следующую структуру. Во втором разделе рассматривается современное состояние дел в описании организации, прежде всего, в части стандартов архитектуры предприятия. Третий раздел посвящен теории архитектурного дизайна Г.Минцберга. В четвертом разделе предлагается инструмент описания организационного дизайна. Наконец, пятый раздел посвящен примерам его использования.

2. Архитектура предприятия и организационный капитал

В настоящее время для описания организации используется целый ряд моделей: модели организационной структуры, модели данных, информационных потоков, бизнес-процессов и др. Однако лишь две группы моделей можно назвать интегрированными: описание бизнес-процессов и описание архитектуры предприятия. Как показано в [2], современные модели описания бизнес-процессов не пригодны для описания взаимосвязей между элементами организационного капитала. Все эти модели предназначены для описания последовательности работ, тогда как интересующие нас взаимосвязи чаще всего ненаправленные. Кроме того, организационный капитал чаще всего не связан ни с конкретными работами, ни даже с атрибутами этих работ.

Модели описания архитектуры предприятия представляются в целом более адекватным инструментом описания, прежде всего, потому, что предназначены именно для описания взаимосвязей между отображаемыми элементами. В то же время, наличные модели обладают рядом специфических недостатков. Распространенная модель Захмана [4] представляет собой по сути таксономию артефактов архитектуры предприятия без каких-либо

¹ Данное определение далеко не единственное. Однако, на наш взгляд, это определение обладает наибольшей степенью общности при сохранении специфики именно организационного капитала

Факторы, определяющие организационный дизайн, по Г.Минцбергу

Код	Название	Комментарий
НС	Неопределенность среды	Изменчивость внешней среды организации
СР	Сложность получения результата	В какой мере можно создать алгоритм для получения конечного результата, например, в рамках подходов Ф.Тейлора или А.Файоля
РР	Разнообразие рынков	Количество разных рынков (по продуктовому или географическому признаку), на которых работает организация, их различия между собой
ТС	Сложность технической системы	Масштаб и сложность основного капитала, непосредственно задействованного в производстве и сбыте
МТ	Степень механизации технической системы	Ремесленное производство, индустриальное производство, автоматизированное производство
РО	Размер организации	Масштаб сбыта, численность занятых и т.д.
ВК	Внешний контроль	Наличие контроля со стороны внешнего собственника (например, бизнес-группы) или государства

требований к этим артефактам. Архитектура ARIS в общем виде представляет собой дерево бизнес-процессов предприятия и детальные описания каждого бизнес-процесса в стандарте EPC [5]. Соответственно, к ней применимы ранее высказанные замечания о несоответствии моделей бизнес-процессов (в т.ч. EPC) задаче описания организационного капитала. [6] вероятно, наиболее развита среди всех моделей архитектуры предприятия. В число её инструментов входит и описание ресурсов и компетентностей предприятия, а также взаимосвязей между ресурсами и компетентностями, что в принципе может быть использовано для описаний взаимосвязей между элементами организационного капитала. Однако, в описании взаимосвязей ресурсов и компетентностей организационные компетенции представляют лишь незначительную часть. Кроме того, модель FEA/DODAF чрезвычайно громоздка и трудоемка, а её требования к целостности и полноте описания весьма высоки. Поэтому данная модель также представляется не вполне соответствующей задаче. Наибольший интерес среди пространственных моделей представляет собой модель TOGAF и язык ArchiMate [7]. Этот язык содержит разнообразные виды отношений, а также возможность вводить пользовательские атрибуты объектов, что, как мы увидим ниже, крайне важно для решения нашей задачи.

Вместе с тем, для отражения в ArchiMate архитектуры организации с позиций организационного капитала, необходимо разработать понятийный аппарат и систематизировать понятия и отношений, которые в дальнейшем будут отражены в ArchiMate. Для этого мы воспользуемся теорией организационного дизайна Г.Минцберга ([3]).

3. Теория организационного дизайна Г.Минцберга

Исходя из определения организационного капитала, его ценность для предприятия состоит, прежде всего, в координации. Координация здесь понимается в самом широком смысле, включая координацию работников, координацию работы подразделений,

координацию с поставщиками и потребителями. Поэтому для описания организационного капитала была использована модель, построенная на основе понятия координации, – модель организационного дизайна Г.Минцберга.

В предлагаемом подходе параметры организационного дизайна рассматриваются по отдельности, а не в рамках организационных конфигураций. Причина в том, что организационный дизайн определяется множеством внешних и внутренних факторов, которые могут оказывать противоречивое воздействие на организационный дизайн. В этом случае организация может иметь черты двух и более конфигураций, что признает и сам Г.Минцберг.

В [3] выделяются нижеследующие внешние факторы, влияющие на организационный дизайн (табл. 1).

Рассмотрим влияние этих факторов. Чем выше сложность получения результата, тем выше требования к квалификации работников и горизонтальная децентрализация – влияние высокопрофессиональных работников на процесс принятия решений. Повышение неопределенности среды влияет двояким образом: если путь к достижению результата известен, неопределенность среды стимулирует централизацию, обычно, вокруг первого лица. Если же результат сложен и не вполне определен заранее (как в

инновационных фирмах или, например, в киносекторе), сложная среда стимулирует децентрализацию: власть, в некотором смысле, «сама» перетекает к тем руководителям или профессионалам, которые могут решить возникшие проблемы. Влияние степени механизации также сложно: «ремесленная» система (например, в образовании или консалтинге) в тенденции ведет к органической структуре, «индустриальная» система – к бюрократической, тогда как полностью автоматизированная система снова тяготеет к органической структуре. В последнем случае систему обслуживают высококвалифицированные профессионалы, решающие проблемы, недоступные автоматике, или внедряющие изменения и усовершенствования. Далее, разнообразие рынков увеличивает вертикальную децентрализацию вплоть до того, что каждый рынок контролируется отдельным подразделением при высокой автономии его руководителя. Чем выше сложность технической системы, размер организации и внешний контроль над ней, тем при прочих равных условиях выше бюрократизация.

Теперь перейдем к самим параметрам организационного дизайна (табл. 2).

Согласно теории, механизм конфигурации – ключевой параметр организационного дизайна, определяющий остальные или сильно

Таблица 2

Параметры организационного дизайна по Г. Минцбергу

Код	Наименование	Комментарий
МК	Механизм координации	Один из пяти механизмов по Г. Минцбергу: прямой контроль, стандартизация рабочих процессов, стандартизация квалификации, стандартизация выпуска, взаимное согласование
ФП	Формализация рабочих процессов	То, в какой мере процессы описаны и стандартизованы, включая контроль соблюдения стандартов
ФД	Формы децентрализации	Степень горизонтальной и вертикальной децентрализации
ПГ	Принцип группировки	Подход к выделению подразделений в организации, обычно, функциональный либо рыночный
КС	Квалификация работников	Неквалифицированные, специалисты, профессионалы
МС	Мотивация работников	Административная, экономическая, внутренняя
МО	Механизмы оценки	Механизмы оценки работников и менеджеров
ГС	Горизонтальные связи	Формы горизонтальных связей в организационной структуре: нет, связующие позиции, команды, матричная структура

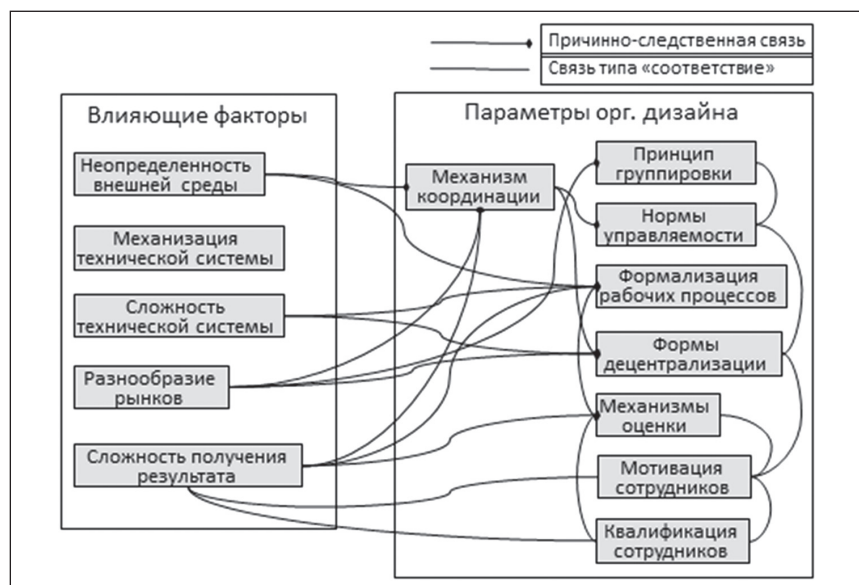


Рис. 1. Параметры организационного дизайна и их взаимосвязи

влияющий на них. Механизмы перечислены в табл. 2. Степень формализация рабочих процессов тем выше, чем ниже неопределенность среды и сложность получения результата. Если та и другая высоки, требования к формализации понижаются, но повышаются требования к квалификации работников. О влиянии этих параметров на централизацию говорилось выше. Высокая формализация рабочих процессов характерна для стандартизации рабочих процессов (наивысшая), стандартизации квалификации и стандартизации выпуска.

Формы децентрализации также зависят от механизма координации. Для прямого контроля характерна высокая централизация, т.е. принятие большинства решений непосредственно первым лицом. При стандартизации рабочих процессов централизация также высока. Стандартизация выпуска ведет к системе автономных подразделений (дивизионов), т.е. вертикальной децентрализации. Для стандартизации квалификации характерна высокая степень горизонтальной децентрализации, т.е. передача власти профессионалам. Наконец, при взаимном согласо-

вании высоки как вертикальная, так и горизонтальная децентрализация.

Квалификация и мотивация оцениваются на основе подхода [8]. Неквалифицированные работники не имеют серьезных профессиональных знаний и квалификации, в отличие от специалистов и профессионалов. Последние отличаются от специалистов наличием внутренней мотивации к качественной и результативной работе¹. Профессионалы критически важны для таких механизмов, как стандартизация квалификации и взаимное согласование. С этими проблемами тесно связаны механизмы оценки. Для профессионалов, как правило, большое значение имеет внешний механизм оценки – репутация среди коллег, в академическом сообществе и др. В остальных случаях доминируют различные внутренние механизмы оценки.

Наконец, горизонтальные связи показывают степень неформального взаимодействия различных подразделений организационной структуры. В простейшем случае речь идет об отдельных позициях, в более сложных случаях – о командах и, наконец, о матричной структуре.

4. Моделирование организационного дизайна

На рис. 1 приведены основные взаимосвязи между влияющими факторами (табл. 1) и параметрами организационного дизайна (табл. 2), а также между самими параметрами. На схеме различаются причинно-следственные связи (направлены от причины к следствию) и связи типа «соответствие». В этом последнем случае связь не имеет четкой направленности, а приоритеты тех или иных факторов неочевидны. Сами связи в основном уже описаны в разделе 3.

Теперь мы можем предложить следующую нотацию (рис. 2).

Параметры обозначаются двухбуквенными кодами, указанными в табл. 1 и табл. 2. Код параметра находится в левом верхнем углу элемента. Внутри элемента распо-

¹ В [8] эта внутренняя мотивация называется «модус служения»

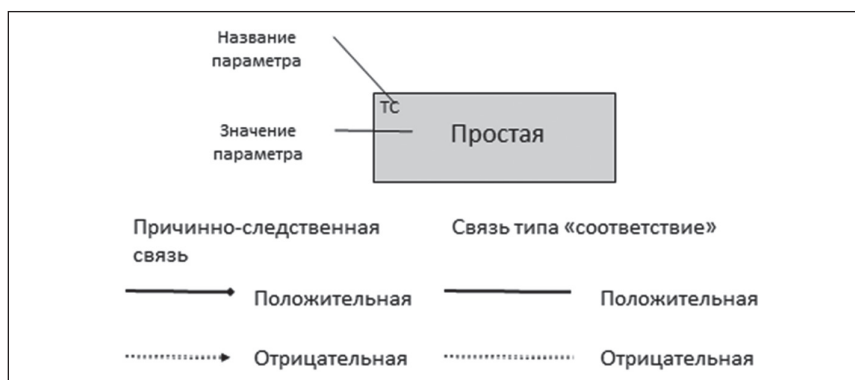


Рис. 2. Нотация для описания организационного дизайна

лагается значение соответствующего параметра. Сплошная линия между элементами обозначает положительную связь, в которой оба элемента поддерживают и усиливают друг друга, прерывистая – отрицательную, в которой элементы ослабляют действие друг друга. Причинно-следственные связи обозначаются направленными стрелками. «Положительное» значение причинно-следственной связи показывает, что элемент организационного дизайна соответствует значению влияющего фактора, «отрицательное» – это элемент не соответствует ему. Рассмотрим предлагаемое описание на примерах.

5. Примеры описаний организационного дизайна

На рис. 3 приведен пример организационного дизайна классического университета на основе [3] и [9].

Традиционно исследовательский университет представляет собой так называемую профессиональную бюрократию¹. Сложность получения результата в стабильной внешней среде при простой «ремесленной» технической системе вынуждают предоставить процесс обучения высококвалифицированным профессионалам с развитой внутренней мотивацией, подкрепленной мотивацией экономической. В отборе и продвижении сотрудников важную роль играет внешний механизм оценки – репутация в академической среде. Организационные единицы –

факультеты и кафедры – выделяются по функциональному принципу, формальные горизонтальные связи между ними обычно отсутствуют.

Внутренняя мотивация профессионалов и их зависимость от репутации снижает потребность в контроле со стороны менеджмента, что обеспечивает высокие нормы управляемости. Внешний контроль со стороны государства и/или попечителей умеренный, не посягающий на принцип академической свободы. В конечном итоге большинство элементов организационного дизайна подкрепляют и усиливают друг друга, что обеспечивает устойчивость данной конфигурации организационного дизайна и значительную величину организационного капитала.

В современной России мероприятия МОН существенно меняют организационный дизайн вуза (рис. 4).

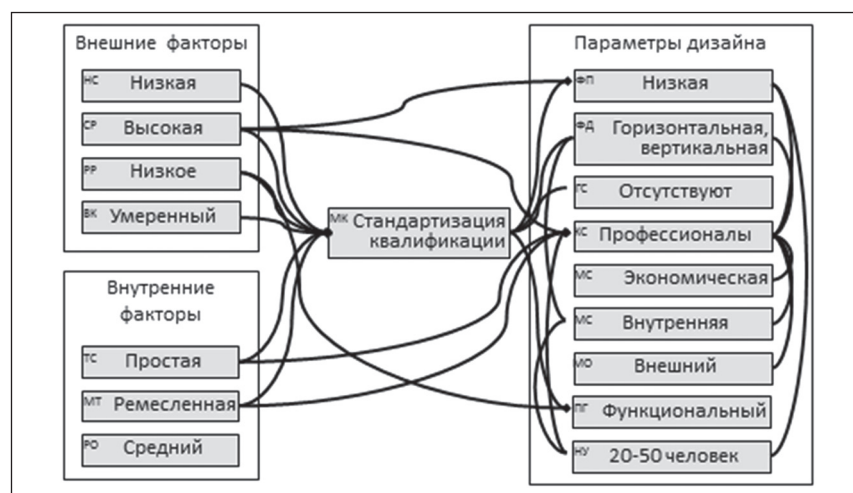


Рис. 3. Классический университет по Г.Минцбергу и Г.Розовски



Рис. 4. Изменение организационного дизайна российского вуза в результате мероприятий МОН

¹ Термин Г.Минцберга для конфигурации, основанной на стандартизации квалификации.

На рис. 4 учитываются следующие мероприятия МОН:

- Внедрение жестко формализованных федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), см., например, [10];
- Внедрение эффективных контрактов на основе внутреннего рейтинга преподавателей вузов;
- Укрупнение региональных вузов.

Среди последствий следует выделить, прежде всего, повышение неопределенности внешней среды вуза, которая стала гораздо более изменчивой. Наряду с этим, она содержит намного больше угроз для вуза, связанных, например, с ежегодным мониторингом эффективности. Также большое значение имеет высокая формализация образовательного процесса вследствие жесткой структуры учебных часов в новых ФГОС. Все это противоречит ключевому для вуза механизму стандартизации квалификации. В основе последнего лежит признание сложности получения результата в том смысле, что получение результата невозможно формализовать и алгоритмизировать. Это характерно прежде всего для сфер деятельности, в которых результат достигается взаимодействием личность – личность: консультант – клиент, врач – больной, и, конечно, преподаватель – студент. Это ограничивает возможности формализации процесса и повышает требования к отбору преподавателей. В частности, низкая формализация требует отбора профессионалов, имеющих внутреннюю мотивацию на достижение высоких результатов. В то же время, внутренняя мотивация требует значительной свободы преподавателя в учебном процессе. На этом фоне повышение формализации содержания учебного процесса подрывает внутреннюю мотивацию преподавателей.

Повышается и централизация вуза, а также роль в нем структур, отвечающих за стандартизацию образовательного процесса. Особое значение имеет эффективный контракт на основе внутреннего рейтинга, который сильно влияет на мотивацию профессуры. Ответственность за определенные значе-

ния показателей сходным образом противоречит внутренней мотивации преподавателей. Преподавание ряда дисциплин, таких, как математический анализ и другие разделы математики, канонизированные еще в 19 веке, сегодня не связано с научной деятельностью. Другие дисциплины, нередко, возникшие уже во второй половине 20 века, напротив, прямо требуют связи с «передним краем исследований» (например, институциональная экономика или экономика информации). Однако рейтинг оценивает всех преподавателей единообразно, без учета подобных различий. В результате экономическая и административная мотивация начинают противоречить внутренней мотивации преподавателей.

Естественным следствием снижения мотивации может стать отток наиболее квалифицированных кадров, имеющих тесные связи с научными учреждениями и с бизнесом. Последнее важно в связи с тем, что академическая свобода – важная ценность для профессионала с внутренней мотивацией. Если же академическая свобода сходит на нет в результате формализации требований к учебному процессу и формального внутреннего рейтинга, такой работник будет обращать больше внимания на разницу зарплаты и других финансовых условий между вузами и бизнесом. Это угрожает оттоком квалифицированных кадров из вузов и снижением кадрового уровня последних.

Таким образом, мероприятия МОН снижают организационный капитал российских вузов и создают угрозу утечки человеческого капитала.

6. Заключение

Важнейший элемент организационного капитала предприятия – комплементарные взаимосвязи между различными организационными механизмами и свойствами человеческого капитала. Речь идет не только о внутренней согласованности системы, но и об адекватности этой системы требованиям рынка, технической системе, рабочей силе и т.д. Для осознанного управления

этой системой необходимо как минимум иметь её формальное описание, доступное собственникам и менеджменту организации, внешним консультантам, регуляторам и другим стейкхолдерам предприятия. Для столь широкого круга лиц описание должно быть максимально простым и доступным.

В работе предложено такое описание на основе теории организационного дизайна Г. Минцберга. Выделены две группы факторов, которым должен соответствовать организационный дизайн: внешние факторы (сложность получения результата, неопределенность среды, разнообразие рынков), внутренние факторы, не относящиеся к организационным механизмам (размер организации, жесткость внешнего контроля, размер и степень механизации технической системы). Эти две группы факторов сведены в табл. 1. Также выделены параметры организационного дизайна как такового, сведенные в табл. 2. Для тех и других предложено единообразное формализованное описание, содержащее название параметра, его значение, а также соответствие или несоответствие между различными параметрами описания (рис. 2). Также была построена модель взаимосвязей и взаимозависимостей различных параметров организационного дизайна (рис. 1). Отслеживание этих взаимосвязей при моделировании конкретного объекта позволяет выделить соответствия и несоответствия в организационном дизайне последнего.

В качестве примера применения такого описания было рассмотрено влияние реформы образования, проводимой в настоящее время Министерством образования и науки, на организационный капитал российских вузов, прежде всего, исследовательских университетов, представляющих собой элиту российского образования. Анализ такого влияния проходил в три стадии. На первой стадии было построено описание организационного дизайна исследовательского университета (рис. 3), продемонстрировавшее высокую согласованность параметров организационного дизайна. Далее

в модель были включены мероприятия министерства, а именно:

- Высокая степень формализации учебного процесса в новых ФГОС;
- Более жесткий внешний контроль со стороны министерства;
- Укрупнение вузов;
- Внедрение т.н. «эффективных контрактов» для преподавателей и научных сотрудников, в которых оплата труда и соответствие должности определяются на основе внутреннего рейтинга преподавателей;
- Повышение неопределенности внешней среды вузов, хотя это вряд ли входило в число целей проводимой реформы.

Проведенный анализ показал, что эти мероприятия вступили в противоречие с ключевым механизмом координации вуза – стандартизацией квалификации и рядом следствий этого механизма, а именно высоким уровнем вертикальной и горизонтальной децентрализации и внешним механизмом оценки преподавателей в форме их репутации в профессиональном сообществе. Это, в свою очередь, подрывает мотивацию преподавателей, поскольку успешное выполнение ими ключевой задач – обучения студентов – перестает быть как достаточным, так и необходимым условием позитивной оценки их деятельности работодателем. С учетом того, что квалифицированные кадры с опытом работы представляют собой основной капитал вуза, такое положение угрожает выполнению миссии университета и, безусловно, значительно снижает организационный капитал вуза.

Таким образом, в приведенном примере анализ с позиций организационного дизайна демонстрирует возможности, важные для анализа организации в целом и организационного капитала в частности. Анализ комплементарных взаимосвязей позволяет выявить противоречия между используемыми организационными механизмами, а также механизмами, взятыми в целом, и внешней средой организации или содержанием её деятельности. Визуализация выявленных сущностей и взаимосвязей упрощает как исследование этих явлений, так и обсуждение резуль-

татов исследования и моделирования среди стейкхолдеров организации.

Среди направлений развития данной работы можно выделить следующие. Во-первых, предлагаемое описание можно и должно интегрировать с шаблоном бизнес-модели А.Остервальдера и И.Пинье [11]. Этот шаблон обеспечивает целостное описание рынков, технической системы, требований к результату и других параметров, перечисленных в Таблице 1. В свою очередь, предлагаемое описание позволяет определить ряд важных атрибутов блоков шаблона, позволяющих описать, например, конкурентную позицию данного бизнеса.

Второе направление – интеграция с тем или иным стандартом архитектурного описания организации. В качестве наиболее вероятного кандидата можно рассматривать язык ArchiMate [7] в связи с его простотой, гибкостью и расширяемостью. Такая интеграция позволила бы сопоставить общие свойства организационного дизайна с их конкретными проявлениями на уровне отдельных бизнес-процессов.

Литература

1. Evenson R.E., L.E. Westphal, *Technological Change and Technology Strategy*, в Jere Behrman, T.N. Srinivasan (ред.) *Handbook of Development Economics*, т.3А, глава 37, стр. 2209–2299. – 1988, Elsevier, 1988, 766 стр.
2. Агиевич В.А., Скрипкин К.Г., *Управление бизнес-процессами: проблема учета комплементарных связей*. – 2014, Сургут: ОАО «Сургутнефтегаз», 2014. В сборн. «Управление жизненным циклом информационных систем. Архитектура предприятия. Труды конференции «Математика и информационные технологии в нефтегазовом комплексе», с. 38–53.
3. Mintzberg H., *Structure in fives: Designing Effective Organizations*. – 1983, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1983, 312 стр.
4. Zahman J.A., *A framework for information systems architecture*. – 1987 // *IBM Systems Journal*, Т. 26, №3, 1987.
5. Scheer A.W., Nüttgens M., *ARIS Architecture and Reference Models for*

Business Process Management. В Wil van der Aalst, Jörg Desel, Andreas Oberweis (ред.), *Business Process Management: Models, Techniques, and Empirical Studies* – 2000, Springer, 390 стр.

6. U.S. Department of Defence, *The DoDAF Architecture Framework Version 2.02*. – 2009 // <http://dodcio.defense.gov/Library/DoDArchitectureFramework.aspx> (дата обращения 15.05.2016).

7. The Open Group, *ArchiMate 2.1 specification*. – 2013 // <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate2-doc/toc.html> (дата обращения 12.05.2016).

8. Егоров Г., Меланина Т.В. *Личностное и профессиональное развитие взрослого человека в пространстве образования*. — 2013 // М.: ПСТГУ.

9. Розовски Г., *Исследовательские университеты: американская исключительность?* – 2014. // *Вопросы образования*, №2, 2014, с. 8–19.

10. Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы, ФГОС ВПО бакалавриата по направлению «Экономика и менеджмент» // <http://fgosvo.ru/fgosvpo/7/6/1/8> (дата обращения 14.04.2016).

11. А.Остервальдер, И.Пинье, *Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора* // М.: Альпина Паблишер, 2011, 288 стр.

References

1. Evenson R.E., L.E. Westphal, *Technological Change and Technology Strategy*. In Jere Behrman, T.N. Srinivasan (eds.) *Handbook of Development Economics*, Vol.3A, Chapter 37, pp. 2209–2299. – 1988, Elsevier, 1988, 766 p.
2. Agievich V.A., Skripkin K.G., *Business Process Management: The Problem of Complementary Relations Description*. In “Information Systems Lifecycle. Enterprise Architecture. Conference “Mathematics and Information Technology in Oil and Gas Complex” Proceedings”, pp.38 – 53.
3. Mintzberg H., *Structure in fives: Designing Effective Organizations*. — 1983, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1983, 312 p.

4. Zahman J.A., A framework for information systems architecture. — 1987, IBM Systems Journal, vol. 26, No.3, 1987.
5. Scheer A.W., Nüttgens M., ARIS Architecture and Reference Models for Business Process Management. In Wil van der Aalst, Jörg Desel, Andreas Oberweis (eds.), Business Process Management: Models, Techniques, and Empirical Studies. — 2000, Springer, 390 p.
6. U.S. Department of Defence, The DoDAF Architecture Framework Version 2.02. — 2009 // <http://dodcio.defense.gov/Library/DoDArchitectureFramework.aspx> (last access 15.05.2016)
7. The Open Group, ArchiMate 2.1 specification. — 2013 // <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate2-doc/toc.html> (last access 12.05.2016)
8. Egorov G., T.V.Melanina, Personal and Professional Development of the Adult Person in the Educational Space. — 2013. Moscow: St.Tichon Orthodox University.
9. Rosovsky H., Research Universities: American Exceptionalism? — 2014 // Educational Studies, 2014, No.2.
10. The Coordinating Council of educational-methodical associations and scientific and methodical councils of the higher school, the GEF VPO bachelor in «Economics and management» // <http://fgosvo.ru/fgosvpo/7/6/1/8> (last access 14.04.2016).
11. A.Osterwalder, Y.Pigneur, Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers and Challengers // OSF, 2009, 281 p.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ С УТЕЧКОЙ РАДИАЦИИ¹

УДК 351.862.2:614.876

Николай Петрович Тихомиров,
д.э.н., заведующий кафедрой математических методов в экономике,
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»,
Тел.: (499) 237 94 09
Эл. почта: nik.tikhomirov.46@mail.ru

Дмитрий Викторович Арон,
научный сотрудник, ФГБУН Институт проблем безопасного развития
атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН),
Тел.: (499) 955 23 50
Эл. почта: aron@ibrae.ac.ru

Павел Васильевич Ивандиков,
старший научный сотрудник, кандидат технических наук, ФГБУН Ин-
ститут проблем безопасного развития атомной энергетики Российской
академии наук (ИБРАЭ РАН),
Тел.: (499) 256 61 64
Эл. почта: ivandekof@mail.ru

Рассмотрены методы оценки дозовых границ экономически целесооб-
разного применения мер вмешательства при чрезвычайных ситуациях
с утечкой радиации и оптимальных по критерию минимума издержек
вмешательства значений остаточных доз облучения. Получены ре-
шения этих задач для таких мер вмешательства как дезактивация
территории и временное отселение жителей и оценена обоснован-
ность их применения при ликвидации последствий аварии на АЭС
«Фукусима-1».

Ключевые слова: доза облучения, радиационный риск, вмешатель-
ство, затраты, выгоды, издержки, эффективность, оптимизация.

Nikolay P. Tikhomirov,
Head of department "Mathematical methods in economics", Dr.Sc. in
Economics, Plekhanov Russian University of Economics
Тел.: (499) 237 94 09
E-mail: nik.tikhomirov.46@mail.ru,

Dmitry V. Aron,
Researcher, Nuclear Safety Institute of the Russia Academy of Sciences
(IBRAE)
Тел.: (499) 955 23 50
E-mail: aron@ibrae.ac.ru

Pavel V. Ivandikov,
Chief researcher, Phd. in Technics, Nuclear Safety Institute of the Russia
Academy of Sciences (IBRAE)
Тел.: (499) 256 61 64
E-mail: ivandekof@mail.ru

ECONOMIC JUSTIFICATION AND OPTIMIZATION OF STRATEGIES ENSURING SAFETY IN EMERGENCIES WITH RADIATION LEAKS

The methods of estimation of dose boundaries of economically expedient use of interventions in emergencies with radiation leaks and optimal residual radiation doses by criterion of minimum of intervention costs are considered. The solutions of these problems for such interventions as territory deactivation and temporary resettlement of residents are obtained. The validity of their application in the elimination of the consequences of the disaster at Fukushima-1 Nuclear Power Plant is evaluated.

Keywords: radiation dose, radiation risk, intervention, costs, benefits, expenses, efficiency, optimization.

1. Введение

Существование реальных возможностей проявления инцидентов, сопровождающихся радиоактивным загрязнением значительных территорий, наиболее серьезными среди которых являются аварии на АЭС и террористические акты с использованием радиоактивных изотопов, обуславливает необходимость разработки эффективных стратегий (мер вмешательства), смягчающих их негативные экономические и социальные последствия, связанные с ограничением хозяйственной деятельности и увеличением рисков потери здоровья и жизни населения. Как показали результаты анализа последствий аварий на Чернобыльской АЭС в 1986 г., АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. и гипотетических сценариев с подрывом «грязных» ядерных зарядов [1–5], основные проблемы при этом возникают при обосновании уровней остаточных после вмешательства эффективных доз облучения, позволяющих вести жизнедеятельность на загрязненной территории, хотя бы в ограниченном объеме.

Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) при ликвидации последствий аварийных ситуаций с утечкой радиации рекомендует устанавливать индивидуальные остаточные эффективные дозы облучения на настолько низком уровне, насколько это разумно достижимо с учетом социально-экономических факторов. Вместе с тем, при исходных дозах облучения, не превышающих 20 мЗв/год, наиболее затратные меры вмешательства, связанные, например, с дезактивацией территории, остановкой производства и массовым отселением жителей, признаются чрезмерными [6,7]. При таких дозах для снижения радиационных рисков предлагается использовать менее затратные индивидуальные средства защиты, в крайних случаях – временное отселение наиболее чувствительных к радиации групп населения (детей и беременных женщин).

По мнению специалистов МКРЗ в качестве верхнего предела остаточных доз облучения целесообразно установить величину в 100 мЗв/год. При этом органы управления на местах могут принимать в качестве такого предела и меньшие значения доз. Такие рубежи обозначены термином «референтный уровень» [6,7]. Его значение в об-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ), проект № 15-02-00412а.

щем случае отражает отношение населения и системы управления к риску, наличие ресурсов для вмешательства и другие факторы. Если меры вмешательства не способны обеспечить снижение исходной дозы облучения ниже референтного уровня, то рекомендуется обязательное отселение населения и прекращение деятельности на загрязненной территории на длительные сроки, за исключением ситуаций, когда такого облучения избежать нельзя, а также связанных со спасением жизни людей или предотвращением более серьезной катастрофы. В таких случаях для ограниченного числа лиц (профессионалов, ликвидаторов последствий аварий) допускаются дозы облучения, выше 100 мЗв/год. Таким образом, можно заключить, что нижний рубеж дозы в 20 мЗв/год ограничивает чрезмерные расходы на вмешательство, а верхний (100 мЗв/год) или другие референтные уровни – избыточные риски для населения.

При обосновании остаточных после вмешательства доз МКРЗ предлагает использовать принципы социально-экономической целесообразности и оптимизации [6,7]. Как было отмечено выше с позиций социальной целесообразности исходные дозы аварийного облучения должны быть снижены до минимально возможного уровня. С позиции экономики вмешательство можно считать обоснованным, если обусловленное его применением снижение дозы облучения с исходного уровня D (мЗв/год) до остаточного уровня D_R (мЗв/год), $D \geq D_R$, характеризуется большими «выгодами» по сравнению с затратами на его осуществление.

По поводу принципа оптимизации МКРЗ высказывается менее определенно. В регламентирующих документах этой организации уровни наиболее «выгодных» остаточных после вмешательства доз предлагаются определять в ходе решения задачи оптимизации защиты с учетом национальных и региональных особенностей и приоритетов в сфере радиационной безопасности, принимая во внимание, насколько это возможно, международные рекомендации

и опыт «хорошей практики». При этом оговаривается, что «оптимизация защиты не есть минимизация дозы», а поиск ее оценки, которая бы «тщательно сбалансировала вред от облучения и ресурсы, необходимые для защиты облучаемых индивидуумов» [6,7].

В целом такие рекомендации и предложения имеют достаточно общий характер и не позволяют однозначно подойти к решению каждого из возможных вариантов задач обоснования целесообразности и оптимизации радиационной защиты по уровню остаточной дозы. В частности, в научной литературе нет ясности по поводу выбора критерия оптимизации, среди специалистов существуют определенные разногласия по методологии оценки радиационного риска и обусловленных им потерь здоровья и жизни населения, затрат на рискоснижающие мероприятия, выгод от их применения.

В этой связи определенную актуальность представляют исследования, посвященные обоснованию и совершенствованию возможных подходов к решению таких задач при допустимых предположениях относительно содержания и взаимосвязей затрат и выгод, связанных с вмешательством. В данной работе рассмотрены особенности таких подходов, базирующихся на сопоставлении среднелюшевых оценок выгод и затрат, зависящих от предотвращенной вмешательством дозы облучения, и методах безусловной оптимизации его издержек по уровню остаточной дозы на примере дезактивации и временного отселения жителей загрязненной территории.

2. Экономическое обоснование и оптимизация дезактивации как меры вмешательства

Дезактивация загрязненной территории без отселения жителей обычно рекомендуется в ситуациях с относительно невысоким начальным уровнем дозы облучения D , превышающем для долгоживущих радионуклидов уровень в 20 мЗв/год, при котором меры, связанные с отселением, представляются значительно более затратными. Без ограничения общности предположим, что доза облу-

чения D обусловлена воздействием одного радионуклида и равномерно распределена по территории, дезактивация которой не нарушает нормальный режим жизнедеятельности, сроки ее относительно малы, а радиационными рисками в период ее осуществления можно пренебречь. Для упрощения выкладок выгоды, затраты и издержки дезактивации будем оценивать в расчете на одного усредненного индивидуума.

Согласно предположениям, обоснованным в работах [8,9,10], среднелюшевые выгоды от дезактивации можно оценить по стоимости предотвращенной накопленной дозы облучения за период жизни индивидуума на загрязненной территории на основе следующего выражения:

$$Q^+(D, D_R) = \lambda \cdot \psi(D - D_R), \quad (1)$$

а затраты на дезактивацию – с учетом их среднелюшевой величины и кратности снижения дозы как

$$Q^-(D, D_R) = c_e \cdot \ln \frac{D}{D_R} = c_e \cdot \ln f, \quad (2)$$

где $Q^+(D, D_R)$ и $Q^-(D, D_R)$ – выгоды и затраты на дезактивацию соответственно, зависящие от уровней исходной и остаточной доз облучения; λ – цена единицы эффективной дозы облучения, (руб., \$/Зв); ψ – коэффициент накопления дозы индивидуумом при проживании на загрязненной территории, измеряемый в годах; $f = \frac{D}{D_R}$ – кратность дезактивации; c_e – среднелюшевые затраты на дезактивацию с кратностью $f = e$, (руб., \$).

С учетом выражений (1) и (2) условие экономической целесообразности дезактивации приобретает следующий вид:

$$\lambda \cdot \psi(D - D_R) - c_e \cdot \ln \frac{D}{D_R} \geq 0, \quad (3)$$

Принимая во внимание, что $\frac{D}{D_R} = f$, на основе выражения (3) несложно получить оценки нижних границ исходной и остаточной доз, при превышении которых дезактивация становится эффективной мерой вмешательства:

$$D \geq \frac{c_e}{\lambda \psi} \cdot \frac{f}{f-1} \cdot \ln f, \quad (4)$$

$$D_R \geq \frac{c_e}{\lambda \psi} \cdot \frac{1}{f-1} \cdot \ln f, \quad (5)$$

При получении количественных значений граничных доз будем использовать следующие данные. В предположении, что коллективная доза облучения в 1 Зв приводит к потере 1 года жизни, в качестве показателя λ МКРЗ рекомендует принять величину среднедушевого чистого дохода (СЧД) страны [6,11]. Для России на 2014 г. значение λ может быть приблизительно оценено в \$15 тысяч.

Значение коэффициента ψ зависит от скорости распада загрязнителя в естественной среде. Можно показать, что при снижении дозы по экспоненциальному закону

$$D(t) = D \exp(-\mu t),$$

величина коэффициента накопления дозы за L лет определяется следующим выражением:

$$\psi(\mu, L) = \frac{1 - \exp(-\mu L)}{1 - \exp(-\mu)}, \quad (6)$$

где μ – скорость снижения дозы вследствие самораспада радионуклида и воздействия природных факторов.

Например, для радионуклида ^{137}Cs скорость снижения дозы можно принять равной (0,06–0,07)/год (0,023-скорость самораспада и остальное за счет его миграции в естественной среде). В этом случае при жизни на загрязненной ^{137}Cs территории в течение 25 лет значение ψ составит 12–13 лет.

Среднедушевые затраты на дезактивацию с различной кратностью очистки могут быть оценены на основе нормативов стоимости ее работ, планировочной структуры пострадавшей территории, плотности населения. Согласно имеющимся данным [9,10,12,13], для крупного российского города их величина при кратности $f=e$ составляет примерно \$4 тыс.

Подставив в правые части выражений (4) и (5) приведенные выше значения параметров, например, для двукратной дезактивации территории при загрязнении ее ^{137}Cs ,

получим, что при $\psi = 12$ лет нижняя дозовая граница исходного облучения D , при которой эта мера вмешательства становится экономически целесообразной, составит примерно 31 мЗв/год, а соответствующее граничное значение остаточной дозы ~16 мЗв/год. Для трехкратной дезактивации эти границы составят для исходной дозы ~37 мЗв/год, для остаточной ~12 мЗв/год.

Издержки дезактивации, как показателя ее эффективности, определим также в расчете на одного индивидуума в виде суммы ущерба от остаточной дозы облучения и затрат на ее проведение:

$$Z = \lambda \psi D_R + c_e \cdot \ln \frac{D}{D_R}. \quad (7)$$

Значение остаточной дозы D_R , при котором издержки дезактивации являются минимальными, получим из уравнения:

$$\frac{dZ}{dD_R} = \lambda \psi - c_e \cdot \frac{1}{D_R} = 0. \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что оптимальное значение остаточной дозы облучения для дезактивации определяется следующей величиной:

$$D_R^1 = \frac{c_e}{\lambda \psi}, \quad (9)$$

которая не зависит от ее кратности.

Несложно убедиться, что такое же решение получим и при использовании альтернативного критерия эффективности дезактивации на максимум пользы, определенного левой частью выражения (3).

Оптимальное значение остаточной дозы для дезактивации любой кратности при приведенных выше данных оказывается равным:

$$D_R^1 = \frac{4 \cdot 10^3 (\$/\text{чел})}{15 \cdot 10^3 (\$/\text{Зв}) \cdot 12 (\text{лет})} \approx 22 \text{ мЗв/год} \quad (10)$$

С учетом этого из выражения (1) получим, что оптимальное значение издержек двукратной дезактивации в расчете на одного индивидуума приблизительно равно \$6,8 тысяч, \$2,8 тысячи из которых составляют затраты на эту меру, а ~\$4 тысячи – ожидаемая стоимость потерь лет его жизни, обусловленных остаточной

дозой. При этом с увеличением исходной дозы облучения и кратности дезактивации затраты на нее будут расти, в то время как стоимость потерь жизни индивидуума остается неизменной.

3. Экономическое обоснование и оптимизация стратегии вмешательства, предполагающей дезактивацию и временную эвакуацию населения

Стратегию вмешательства, объединяющую дезактивацию и временную эвакуацию населения, целесообразно применять при высоком начальном уровне дозы D и относительно больших сроках проведения дезактивации. Она преследует цели снижения потерь, в первую очередь, от дозы облучения, которую могли бы получить жители, оставаясь на время дезактивации на загрязненной территории. Кроме того, реализация такой стратегии связана с дополнительными издержками, в состав которых в первом приближении можно включить потери от облучения профессионалов, проводящих дезактивацию, затрат на временное отселение жителей и потери от прекращения на этот период хозяйственной деятельности.

Потери от облучения профессионалов, как и ранее, оценим на основе стоимости полученной ими дозы облучения, в свою очередь определенной с учетом продолжительности периода дезактивации при следующих предположениях.

1. Продолжительность периода дезактивации будем считать пропорциональной величине оплаты труда проводящих ее профессионалов. С учетом этого можно записать следующее соотношение:

$$\tau_d \cdot k \cdot m \cdot v = \theta \left(c_e \ln \frac{D}{D_R} \right), \quad (11)$$

из которого следует, что продолжительность периода дезактивации может быть определена выражением:

$$\tau_d = \frac{\theta}{k \cdot m \cdot v} \left(c_e \ln \frac{D}{D_R} \right), \quad (12)$$

где τ_d – продолжительность «чистого» периода дезактивации (лет); m – среднедушевое (в расчете на

одного жителя) количество профессионалов, ежедневно проводящих дезактивацию в одну смену при 8-ми часовом дне; k – количество смен (1–3) работы профессионалов; θ – доля заработной платы в затратах на дезактивацию, $\theta \approx 0,3 \div 0,7$; v – отраслевой тариф оплаты труда при ликвидации последствий аварийных ситуаций (руб., \$/год). Его величина может быть определена с учетом того, что почасовую оплату труда ликвидаторов рекомендовано устанавливать в 3–5 кратном размере часовой тарифной ставки работающего в «нормальных» условиях индивидуума. В условиях Москвы часовой тариф для дезактиватора составит в среднем ~\$20/час, что при его 8-ми часовом рабочем дне и пятидневной рабочей неделе эквивалентно приблизительно \$45 тысячам в год.

2. Среднюю годовую дозу D_d , полученную профессионалом за период дезактивации, в первом приближении оценим, как среднюю арифметическую исходной и остаточной годовых доз, скорректированную на продолжительность его 8-и часовой работы в течение дня и пятидневной рабочей недели, согласно следующему выражению:

$$D_d = \frac{1}{2 \cdot 4} (D + D_R). \quad (13)$$

При упрощающем расчеты предположении, что $D \gg D_R$, выражение (13) приобретает следующий вид:

$$D_d = \frac{1}{8} D \quad (14)$$

С учетом этих предположений несложно заметить, что доза, получаемая профессионалом за период дезактивации, и обусловленные ей потери могут быть оценены на основе следующих выражений соответственно:

$$D_d^{\Pi} = \frac{1}{8} D \tau_d = \frac{\theta \cdot D}{8 \cdot k \cdot m \cdot v} \left(c_e \ln \frac{D}{D_R} \right), \quad (15)$$

$$Q^-(D_d^{\Pi}) = \lambda D_d^{\Pi} = \frac{\lambda \cdot \theta \cdot D}{8 \cdot k \cdot m \cdot v} \left(c_e \ln \frac{D}{D_R} \right). \quad (16)$$

Сумму затрат на временную эвакуацию и потерь, обусловленных прекращением на ее период хозяйственной деятельности, в расчете на одного индивидуума оценим на основе следующего выражения:

$$Z_e = \tau_d(p + q), \quad (17)$$

где Z_e – суммарные издержки временной эвакуации; p – стоимость питания, проживания, транспортировки одного жителя (руб., \$/год); q – суммарные (личные и корпоративные) потери от прекращения хозяйственной деятельности на загрязненной территории в расчете на одного человека (руб., \$/год). Сумму $(p + q)$ в первом приближении можно положить равной λ , т.е. \$15 тыс./год.

С учетом этих предположений, условие, определяющее дозовые границы целесообразного применения стратегии, объединяющей дезактивацию кратности f и временное отселение населения, приобретает следующий вид:

$$\lambda \psi (D - D_R) - c_e \ln \frac{D}{D_R} \times \left(1 + \frac{\lambda \cdot \theta \cdot D}{8 \cdot k \cdot m \cdot v} + \frac{\theta}{k \cdot m \cdot v} (p + q) \right) \geq 0 \quad (18)$$

Учитывая, что $D_R = \frac{D}{f}$, из (18) получим:

$$D \geq \frac{\frac{c_e \ln f}{\lambda} \left(1 + \frac{\theta}{k \cdot m \cdot v} (p + q) \right)}{\psi \frac{f-1}{f} - c_e \cdot \frac{\theta}{8 \cdot k \cdot m \cdot v} \cdot \ln f}, \quad (19)$$

Из выражения (19) для $m = 0,2$; $k = 1$; $\theta = 0,5$ и приведенных выше значениях других параметров, например, получим, что пятикратная дезактивация ($f = 5$) становится экономически целесообразной при исходной дозе D , примерно в 80 мЗв/год, а трехкратная – при дозе D , примерно в 70 мЗв/год. Соответствующие границы для остаточных доз составляют 16 и 23 мЗв/год.

Общие издержки стратегии, объединяющей дезактивацию и временное отселение населения, определим, как сумму следующих составляющих: 1) потери от облучения населения остаточной дозой

D_R сумма затрат на дезактивацию (выражение (7)); 2) потери от облучения профессионалов, проводящих дезактивацию (выражение (16)); 3) потери из-за временного прекращения хозяйственной деятельности на загрязненной территории и затраты на переселение (выражение (17)).

Суммируя эти составляющие, получим:

$$Z = \lambda \psi D_R + c_e \ln \frac{D}{D_R} \times \left(1 + \frac{\lambda \cdot \theta \cdot D}{8 \cdot k \cdot m \cdot v} + \frac{\theta \cdot (p + q)}{k \cdot m \cdot v} \right). \quad (20)$$

Оптимальное значение остаточной дозы облучения, при котором издержки этой стратегии являются минимальными, найдем из аналога уравнения (8), который для выражения (20) имеет следующий вид:

$$\frac{\partial Z}{\partial D_R} = \lambda \psi - \frac{c_e}{D_R} \times \left(1 + \frac{\lambda \cdot \theta \cdot D}{8 \cdot k \cdot m \cdot v} + \frac{\theta \cdot (p + q)}{k \cdot m \cdot v} \right) = 0 \quad (21)$$

Из (21) вытекает, что оптимальное значение остаточной дозы D_R^2 для такой смешанной стратегии определяется следующим выражением:

$$D_R^2 = \frac{c_e}{\lambda \cdot \psi} \times \left(1 + \frac{\lambda \cdot \theta \cdot D}{8 \cdot k \cdot m \cdot v} + \frac{\theta \cdot (p + q)}{k \cdot m \cdot v} \right). \quad (22)$$

Этот результат можно трактовать как решение задачи минимизации издержек дезактивации без отселения (9) плюс поправка, обусловленная потерями от облучения профессионалов и затратами на временное отселение жителей с загрязненной территории и определенная следующим выражением:

$$\Delta D_R^* = \frac{c_e}{\lambda \cdot \psi} \times \left(\frac{\lambda \cdot \theta \cdot D}{8 \cdot k \cdot m \cdot v} + \frac{\theta \cdot (p + q)}{k \cdot m \cdot v} \right). \quad (23)$$

Заметим, что эта поправка уже зависит от уровня исходной дозы D .

4. Оценка неопределенности результатов

Анализируя полученные результаты отметим, что решения рассмотренных задач зависят от зна-

чений показателей, которые можно разделить на две группы. В первую из них включим организационно-экономические характеристики мер вмешательства, – стоимостные оценки затрат – c_e , p , q ; оплаты труда – θ и v , а также коэффициент накопления дозы ψ и степень интенсивности дезактивации, определенную количеством дезактиваторов в расчете на одного жителя (показатель m и коэффициент сменности k). Значения этих характеристик относительно детерминированы в том смысле, что они приблизительно известны и могут меняться лишь в достаточно узких пределах и вследствие этого не вносят какой-либо существенной неопределенности в полученные решения.

Вместе с тем, значение m (как и коэффициент сменности k) выбирается органом управления в зависимости от имеющихся материальных и трудовых ресурсов и предполагаемых сроков дезактивации. Этот выбор может существенно повлиять на величину поправки (23). Например, при начальной дозе облучения $D = 0,3$ Зв/год (300 мЗв/год) и $m = 0,1$, при $k = 1$ и приведенных выше значениях других показателей, входящих в выражение (23), получим:

$$\Delta D_R^* \approx 1,7 \cdot D_R^1, \quad (24)$$

откуда следует, что

$$D_R^2 \approx 2,7 \cdot D_R^1, \quad (25)$$

Таким образом, оптимальное значение остаточной дозы при смешанной стратегии вмешательства, объединяющей дезактивацию и временное отселение населения, увеличилось почти в три раза по сравнению со своим аналогом для стратегии только дезактивации. Оно достигает почти 60 мЗв/год. С ростом показателей m и k величина дозовой поправки снижается, обуславливая и уменьшение значения дозы, оптимизирующей эту стратегию вмешательства. Для $m = 0,2$ и $k = 2$ значение поправки составит уже $0,42 \cdot D_R^1$ ($D_R^2 \approx 31$ мЗв/год), а для $m = 0,3$ и $k = 2 \sim 0,3 \cdot D^1$ ($D_R^2 = 29$ мЗв/год) и так далее. Однако, поскольку каждое из выбираемых значений m и k является детерминированной величиной, то оно также не увеличи-

вает неопределенность полученного для него решения.

В значительно большей степени неопределенность оптимальных оценок остаточных доз облучения и дозовых границ эффективного применения мер вмешательства обусловлена различиями в допущениях и предположениях, которые могут быть положены в основу расчетов выгод от снижения уровня радиационного воздействия. В частности, величина выгод может существенно различаться в зависимости от трактовки содержания понятия «радиационный риск», соответствующих ей методов оценки его значений, используемых при этом нормативов стоимости года человеческой жизни. Так, приведенные выше результаты были получены для, так называемых, пожизненных радиационных рисков, характеризующихся возможностями проявления стохастических эффектов (смертельного рака, несмертельного рака, наследственных эффектов) при малых дозах облучения в течение всей последующей жизни индивидуума. При этом предлагалось, что в среднем один эффект ведет к потере 15 лет полноценной жизни, а вероятность его проявления находится в интервале $(5,6 \div 7,3) \cdot 10^{-2}$ /чел.-Зв (в зависимости от поло-возрастного состава населения) [6,11].

При такой трактовке риска не учитывается отложенный характер последствий облучения, обусловленный существованием значительных временных лагов между моментами облучения, проявления онкологического заболевания и смерти облученного индивидуума. В частности, продолжительность латентного периода онкологического заболевания, вызванного облучением, усредненная по всем их видам, оценивается величиной в 20 лет, открытого периода – в 5 лет [14]. В экономике стоимость отложенных по времени последствий принято оценивать с дисконтом, в нашем случае отражающим закономерности снижения ценности потерь будущих лет жизни индивидуума по сравнению с текущим годом. В предположении, что ценность года его жизни не меняется

во времени, ее стоимость в году t с учетом ее стоимости в текущем (нулевом) году и дисконтирования может быть определена согласно следующему выражению:

$$S(t) = \partial \cdot (1 + d)^{-t},$$

где $S(t)$, ∂ – стоимости года жизни индивидуума в году t и текущем году соответственно; d – дисконт, характеризующий темп снижения стоимости жизни за один год.

С учетом дисконтирования выгоды от снижения дозы облучения в первом приближении можно оценить по стоимости сбереженных лет жизни. В расчете на одного индивидуума для этого может быть использовано следующее выражение:

$$S = \partial \cdot \psi \cdot r_D \cdot \sum_{t=t_1+1}^{t_1+\Delta t} (1 + d)^{-t}, \quad (26)$$

где r_D – коэффициент пожизненного риска смерти облученного индивидуума; произведение $r_D D$ – в соответствии с линейной беспороговой концепцией характеризует сверхфоновый риск смерти усредненного индивидуума от онкологического заболевания в течение его жизни после облучения дозой D ; t_1 – средняя продолжительность латентного и открытого периодов онкологического заболевания после облучения; Δt – среднее увеличение продолжительности жизни индивидуума в отсутствие заболевания.

Для выгод, определенных выражением (26) при средних значениях $t_1 = 25$ лет и $\Delta t = 15$ лет, аналог соотношения (3), характеризующий условие экономической целесообразности дезактивации с учетом дисконтирования, примет следующий вид:

$$\partial \cdot \psi \cdot r_D \cdot (D - D_R) \sum_{t=26}^{40} (1 + d)^{-t} - c_e \ln \frac{D}{D_R} \geq 0. \quad (27)$$

Из выражения (27) вытекает, что дезактивация становится эффективной мерой вмешательства при значениях исходной дозы D , удовлетворяющих следующему неравенству:

$$D \geq \frac{c_e}{\partial \cdot \psi \cdot r_D \sum_{t=26}^{40} (1+d)^{-t}} \cdot \frac{f}{f-1} \cdot \ln f \quad (28)$$

При достаточно правдоподобном значении дисконта $d = 0,03$, обоснованном в нормативных документах значении пожизненного риска смерти усредненного индивидуума от онкологического заболевания $r_D = 5,5 \cdot 10^{-2}/\text{чел.}\cdot\text{Зв}$ [6, 7], стоимости года жизни $\partial = \$15$ тысяч и приведенных выше значениях других параметров, из выражения (28) получим, что, например, двукратная дезактивация является эффективной мерой вмешательства при уровнях исходных и остаточных доз, удовлетворяющих следующим неравенствам:

$$D \geq 98 \text{ мЗв/год} \\ (D_R \geq 49 \text{ мЗв/год}) \quad (29)$$

Для трехкратной дезактивации эти рубежи составляют 116 мЗв/год и 39 мЗв/год, для пятикратной – 125 мЗв/год и 25 мЗв/год, соответственно.

Издержки дезактивации в этом случае будут определяться следующим выражением:

$$Z = \partial \cdot \psi \cdot r_D \cdot D_R \sum_{t=26}^{40} (1+d)^{-t} + c_e \ln \frac{D}{D_R}, \quad (30)$$

из которого следует, что оптимальное значение остаточной после дезактивации дозы облучения, минимизирующее ее издержки, находится как

$$D_R = \frac{c_e}{\partial \cdot \psi \cdot r_D \cdot \sum_{t=26}^{40} (1+d)^{-t}} \quad (31)$$

При приведенных выше параметров, входящих в выражение (31), оптимальный уровень остаточной дозы облучения D_R для дезактивации любой кратности составит 70 мЗв/год.

Сопоставляя эти оценки с их аналогами, полученными без учета дисконтирования, можно сделать

вывод, что учет в выгодах эффектов снижения ценности лет жизни приводит к увеличению и нижних границ дозовых областей эффективного применения дезактивации, и оптимального значения остаточной после нее дозы облучения более чем в 3 раза. Однако, принимая во внимание крайне негативное отношение общества к радиационному риску, значение остаточной дозы в 70 мЗв/год все же представляется завышенным.

Столь же значительно дозовые границы эффективного применения мер вмешательства и оптимальные значения остаточных доз облучения меняются и при изменениях стоимости человеческой жизни. Например, в развитых странах ее величина, оцениваемая по среднему доходу, составляет \$30–45 тысяч. При таких значениях уровни этих дозовых показателей для дезактивации должны быть в 2–3 раза ниже, чем у их аналогов, полученных для РФ при соответствующих трактовках радиационного риска (см. выражения (4), (9) и (28), (31)).

Заметим также, что стоимость года жизни является достаточно субъективным показателем. Кроме среднегодового дохода она может оцениваться по методам готовности платить за снижение риска, «принять плату за риск», «страховых тарифов» и некоторым другим [15]. При этом результаты, полученные разными методами, могут значительно различаться (до 5 раз), что обуславливает такие же различия и в оценках дозовых параметров эффективного применения мер вмешательства. В этой связи показатель стоимости года жизни можно интерпретировать как субъективный индикатор отношения системы управления к риску, значение которого выбирается в зависимости от принятых норм радиационной безопасности и имеющегося ресурсного потенциала. Очевидно, что в «богатых» странах этот потенциал выше и при чрезвычайных ситуациях с утечкой радиации они могут обеспечить своему населению более высокий уровень радиационной защиты за счет увеличения затрат на вмешательство. Экономическим обоснованием для

этого является рост выгод от снижения дозы облучения, обусловленный более высокой стоимостью года человеческой жизни.

В этой связи показательным является пример Японии, где в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г территории некоторых муниципалитетов префектуры Фукусима подверглись значительному радиационному загрязнению изотопами ^{134}Cs и ^{137}Cs [16]. На этих территориях правительство страны приняло решение использовать в качестве стратегий вмешательства дезактивацию с временным отселением жителей при исходных дозах от 20 до 50 мЗв/год и их консервацию с длительным отселением при дозах, превышающих 50 мЗв/год. С учетом того, что среднему доходу в Японии составляет примерно \$37500 в год, такое решение с точки зрения соотношения затрат и выгод представляется обоснованным. Кроме того, дезактивация была проведена в отдельных районах, где доза не превышала 20 мЗв/год, а временное отселение уже было осуществлено на ранних стадиях аварии, в качестве превентивной меры.

Вместе с тем, практика реализации этих стратегий показала их экономическую неэффективность вследствие того, что связанные с ними выгоды, оцениваемые по стоимости предотвращенной дезактивацией дозы облучения, оказались значительно меньше понесенных затрат. Это было обусловлено, во-первых, низкой плотностью проживавшего на этих территориях населения, вследствие чего уровень среднему дозовых затрат на дезактивацию c_e оказался завышенным по сравнению со значениями, использованными в наших расчетах. Во-вторых, целесообразность дезактивации в районах с годовыми дозами менее 20 мЗв/год представляется неочевидной, так как за период отселения порядка 5 лет ожидаемая дозовая нагрузка на жителей значительно сократится и при отсутствии вмешательства, вследствие достаточно высоких наблюдаемых темпов естественного снижения уровня облучения

($\mu = 0,03 \div 0,1$). Проведенные расчеты показали, что на рассматриваемых территориях в отсутствие дезактивации индивидуальная накопленная к концу 2018 года увеличилась бы всего на $5 \div 11$ мЗв по сравнению с ее уровнем, оставшимся после проведения дезактивации [17]. Таким образом, дезактивация территорий в окрестности АЭС «Фукусима-1» с исходной дозой облучения менее 20 мЗв/год выполняла в большей степени социальную функцию, связанную со снижением степени беспокойства населения при возвращении на загрязненные территории.

5. Заключение

В целом приведенные выше результаты свидетельствуют, что несмотря на некоторую условность использованных допущений, упрощающих процедуры расчетов, и неопределенность информации об уровнях радиационных рисков и стоимости жизни рациональные решения по организации защиты населения от избыточного излучения при чрезвычайных ситуациях с утечкой радиации на основе дезактивации и временного отселения жителей с высокой степенью надежности удовлетворяют поставленным МКРЗ ограничениям по допустимому уровню остаточной дозы облучения. Для долгоживущих радионуклидов экономически обоснованные значения остаточной дозы для таких затратных мер вмешательства при консервативном понимании радиационного риска (без дисконтирования), по видимому, не должны превышать 20–30 мЗв/год. Эти уровни можно также обосновать и с социальных позиций, отталкиваясь от понятия «пожизненная доза облучения». Принимая во внимание, что для профессиональных работников атомной промышленности РФ допустимая пожизненная доза облучения не должна превышать 1000 мЗв [11,18], можно предположить, что для населения ее значение не должно превышать дозу в 500–600 мЗв. Учитывая, что в большинстве регионов мира естественный радиационный фон (ЕРФ) дает пожизненную дозу в 150–180 мЗв, долю сверхфонового излуче-

ния, обусловленного чрезвычайной ситуацией, можно определить в 2–3 ЕРФ. Для индивидуума среднего возраста (35–40 лет) она достигается при проживании в течение $25 \div 30$ лет на загрязненной долгоживущими радионуклидами территории с остаточной дозой облучения в пределах 20–30 мЗв/год. Для радионуклидов с более коротким периодом жизни эти значения могут быть даже повышены. Заметим также, что при существовании сомнений в достоверности оценок исходной и остаточной доз, осторожном отношении к риску, наличии достаточных ресурсов уровень реальной дозы облучения может быть уменьшен за счет использования населением менее затратных индивидуальных средств защиты (укрытие, снабжения чистыми продуктами и т.п.), а также продления сроков временной эвакуации, в особенности наиболее чувствительных к облучению групп населения, в основном детей и беременных женщин.

Литература

1. Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки. Труды ИБРАЭ РАН, вып. 13/Научн. ред. Р.В.Арутюнян. – М.: Наука, 2013. – 248с.
2. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры/ Под общей ред. Л.А. Ильина, В.А. Губанова. – М.: Изд-во АТ, 2001. – 752с.
3. Арутюнян Р.В. Чернобыль-Фукусима: Ядерное противостояние. – М.: Наука, 2013. – 267с.
4. Защита населения от радиационного воздействия в случае радиологической атаки. Публикация МКРЗ №96. – М.: Изд-во Комтехпринт, 2006. – 107с.
5. Reichmuth B., Short S., Wood T. Economic Consequences of a Rad/Nuc attack: Cleanup Standards significantly Affect Cost//Working Together: Research & Development Partnerships in Homeland security Conference (April 28, 2005, Boston, MA) available at <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1030/ML103050492.pdf>
6. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103//Annals of the ICRP: Elsevier. – 2007. – v.37. – №2–4. – 343 p.
7. Публикация 103 Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер. с англ./ Под общей ред. М.Ф.Киселева и Н.К.Шандалы. – М.: ООО ПКФ «Алана», 2009. – 312с.
8. Crik M.J. Derived Intervention Levels for Invoking Countermeasures in the Management of Contaminated Agricultural Environments/Division of Nuclear Safety, IAEA. – Vienna, 1991. – 23p.
9. Burke R.P. Economic risks of nuclear power reactor accidents. – Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1983. – 71p.
10. Ostmeyer R.M., Runkle G.E. An Assessment of Decontamination Costs and Effectiveness for Accident Radiological Releases. Albuquerque, N.Y.: Sandia National Laboratories, 1984. – 52p.
11. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. – М.: Минздрав России, 1999. – 116с.
12. Generic handbook for assisting in the management of contaminated inhabited areas in Europe following a radiological emergency/BrownJ[etc.] – Oxford: EURANOS, 2007. – 86p.
13. Ильясов Д.Ф. Подходы к экономическому обоснованию нормативов радиационной безопасности при аварийных ситуациях // Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. II-2015, апрель-июнь. – С. 168–173.
14. Тихомиров Н.П., Ильясов Д.Ф. Приведенные оценки радиационных рисков в структуре рисков жизнедеятельности // Экономика природопользования. – №4, 2013. – С. 130–142.
15. Тихомирова Т.М. Методы анализа состояния и потерь здоровья населения в регионах России. – М.: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2012. – 352 с.
16. Progress on Off-site Cleanup Efforts in Japan. Ministry of the Environment, Japan February 2015. [Online]. URL.: http://josen.env.go.jp/en/pdf/progressseet_progress_on_cleanup_efforts.pdf141022.html.
17. Арон Д.В., Тихомиров Н.П., Цуглевич В.Н. Анализ эффективности дезактивации территории в

префектуре Фукусима на примере муниципалитета Тамура // Экономика природопользования. – 2015. – №3. – С. 113–121.

18. Оценка профессиональных радиационных рисков персонала Госкорпорации «Росатом», включенного в систему АРМИР/ В.К. Иванов и др.// Радиация и риск. – Москва – Обнинск: ФГБУ МРНИЦ Минздравсоцразвития. – 2012. – вып. №3. – том 21. – С. 60–74.

References

1. Avaria na AES Fukushima-1: opit reagirovania I uroki. Trudi IBRAE RAN, vip 13./Nauchn. red. R. B. Arutunyan. – M.: Nauka, 2013. – 248 s.

2. Krupnie radiacionnie avarii: posledstva I zaschitnie meri/ Pod obschey red. L.A. Iljina, V.A. Gubanova. – M.: Izd-vo AT, 2001. – 752 s.

3. Arutjunian R.V. Chernobil-Fukusima: Jadernoe protivostojanie. – M.: Nauka, 2013. – 267s.

4. Zashita naselenija ot radiacionnogo vozdejstvija v sluchae radiologicheskoi ataki. Publikacija MKRZ №96. – M.: Izd-vo Komtehprint, 2006. – 107s.

5. Reichmuth B., Short S., Wood T. Economic Consequences of a Rad/Nuc attack: Cleanup Standards significantly Affect Cost//Working Together: Research & Development Partnerships in Homeland security Conference

(April 28, 2005, Boston, MA) available at <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1030/ML103050492.pdf>

6. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103//Annals of the ICRP: Elsevier. – 2007. – v.37. – №2–4. – 343p.

7. Publikacija 103 Mezhdunarodnoji komissii po radiacionnoji zaschite (MKRZ). Per. s angl./Pod obscheji red. M.F. Kiseleva i N.K. Shandali. – M.: OOO PKF «Alana», 2009. – 312s.

8. Crik M.J. Derived Intervention Levels for Invoking Countermeasures in the Management of Contaminated Agricultural Environments/Division of Nuclear Safety, IAEA. – Vienna, 1991. – 23p.

9. Burke R.P. Economic risks of nuclear power reactor accidents. – Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1983. – 71p.

10. Ostmeyer R.M., Runkle G.E. An Assessment of Decontamination Costs and Effectiveness for Accident Radiological Releases. Albuquerque, N.Y.: Sandia National Laboratories, 1984. – 52p.

11. Normi radiacionnoji bezopasnosti (NRB-99): Gigienicheskie normativi. – M.: Minzdrav Rossii, 1999. – 116s.

12. Generic handbook for assisting in the management of contaminated inhabited areas in Europe following a

radiological emergency/BrownJ[etc.] – Oxford: EURANOS, 2007. – 86p.

13. Ilijasov D.F. Podhodi k ekonomicheskomu obosnovaniju normativov radiacionnoji bezopasnosti pri avarijnih situacijah // Resursi. Informacija. Snabzhenie. Konkurencija. II-2015, aprel-ijun. – S. 168–173.

14. Tikhomirov N.P., Ilijasov D.F. Privedennie ocenki radiacionnih riskov v strukture riskov ziznedejatelnosti // Ekonomika prirodnopolzovanija. – №4, 2013. – S. 130–142.

15. Tikhomirova T.M. Metodi analiza sostojania i poter zdorovia naselenija v regionah Rossii. – M.: FGBOU VPO «REU im. G.V. Plehanova», 2012. – 352 s.

16. Progress on Off-site Cleanup Efforts in Japan. Ministry of the Environment, Japan February 2015. [Online]. URL.: http://josen.env.go.jp/en/pdf/progreesseet_progress_on_cleanup_efforts.pdf141022.html.

17. Aron D.V., Tikhomirov N.P., Cuglevich V.N. Analiz effektivnosti dezaktivacii territorii v prefektуре Фукусима на примере муниципалитета Тамура // Экономика природопользования. – 2015. – №3. – С. 113–121.

18. Ocenka professionalnih radiacionnih riskov personala Goskorporacii «Rosatom», vkluchennogo v sistemu АРМИР/ V.K. Ivanov i dr.// Radiacija i risk. – Moskva – Obninsk: FGBU MRNC Minzdravsocrazvitija. – 2012. – vip. №3. – том 21. – С.60–74.

ИНЖИНИРИНГ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ВУЗА¹

УДК 004

Василий Михайлович Трембач,
к.т.н., доцент, доцент кафедры 304 Московского авиационного института (МАИ)
Тел.: (499)192 75 22
Эл. почта: trembach@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы инжиниринга интеллектуальных обучающих систем ВУЗа с адаптацией. Рассмотрены современные подходы к инжинирингу информационных систем. Показано место инжиниринга электронных обучающих систем в системной инженерии. Описаны основные принципы системной инженерии. Расширены основные принципы применительно к интеллектуальным информационным системам. Представлена структура интеллектуальной обучающей системы с адаптацией индивидуальной среды обучения на основе сервисов.

Ключевые слова: инжиниринг, системная инженерия, интеллектуальная обучающая система, сервисы, индивидуальная среда обучения

Vasily M. Trembach,
candidate of technical Sciences, Docent, Assistant Professor of Department 304 Moscow Aviation Institute (National Research University), «MAI»
Tel.: (499) 192 75 22
E-mail: trembach@yandex.ru

ENGINEERING OF UNIVERSITY INTELLIGENT LEARNING SYSTEMS

In the article issues of engineering intelligent tutoring systems of University with adaptation are considered. The article also dwells on some modern approaches to engineering of information systems. It shows the role of engineering e-learning devices (systems) in system engineering. The article describes the basic principles of system engineering and these principles are expanded regarding to intelligent information systems. The structure of intelligent learning systems with adaptation of the individual learning environments based on services is represented in the article.

Keywords: engineering, system engineering, intelligent educational system, services, individual learning environment

1. Введение

Изменения в различных областях общества потребовали пересмотра образовательной политики как в целом, так и составных ее компонентов. При формировании специалистов с высшим образованием первостепенную актуальность приобретает задача использования возможностей современных информационных технологий в индивидуализации образовательных процессов. Одним из самых главных преимуществ использования информационных технологий в учебном процессе является возможность индивидуализации обучения. Ценность индивидуального подхода [2] в том, что он учитывает особенности обучающегося и дает возможность достигать принципиально более высокого уровня развития при обучении. Важное значение приобретают вопросы сопровождения информационных систем на всех этапах жизненного цикла.

В статье рассмотрен современный подход к инжинирингу информационных систем. Расширены основные принципы инжиниринга применительно к интеллектуальным обучающим системам (ИОС). Представлена структура интеллектуальной обучающей системы с адаптацией индивидуальной среды обучения на основе сервисов.

2. Инжиниринг информационных систем

Появление инжиниринга, как сектора рыночной экономики, произошло полтора столетия назад в Великобритании. В тот момент стали продаваться услуги инженеров, востребованных промышленниками при возведении новых заводов и модернизации существующих, и сложилось представление об инжиниринге как о деятельности по предоставлению услуг в сфере строительства и эксплуатации объектов промышленности и инфраструктуры.

В 1940–1950 гг. осуществлялись крупные проекты восстановления и модернизации объектов промышленности в Европе, а позднее началась масштабная индустриализация в странах третьего мира. Возникла новая потребность в комплексных инженерных услугах с целью реализации проектов «под ключ». В области инжиниринга стали более разнообразными услуги.

В 1970–1980-е гг. потребовались уточнение понятия «инжиниринг», систематизация его видов, а также унификация инжиниринговых определений не только на внутригосударственном, но и на международном уровне.

В 1990-е годы зародилась концепция инжиниринга предприятия, которая рассматривает предприятие как целостную социально-экономическую и организационно-техническую систему. Предприятие рассматривается как объект инженерии с четко определенным жизненным циклом всех его компонентов.

В настоящее время инжиниринг предприятий получает дальнейшее развитие. Возникает необходимость в системной оптимизации, использовании методов математического моделирования и интеллектуальных технологий для стратегического и оперативного управления предприятиями.

Среди зарубежных специалистов, ученых создание больших информационных систем связано с подходами и методиками системной инженерии определяющими полный набор технических и управленческих усилий, необходимых для того, чтобы преобразовать совокупность потребностей заказчика и других заинтересованных сторон, имеющих ожидания и ограничений в эффективное системное решение и поддержать это решение в течение его жизни [1,6].

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-07-00880; проект № 16-07-01062).

3. Требования системной инженерии к созданию интеллектуальных обучающих систем

В основу деятельности по созданию интеллектуальных обучающих систем выделяется [4] необходимость комплексного учета потребностей заинтересованных сторон. В работе [5] показаны принципы системной инженерии, которые составляют ее основу в решении задач. Это:

1. Переход от редукционистского к системному подходу.
2. Переход от структурного к процессному подходу.
3. Переход от одной группы описаний ко множественности групп описаний.
4. Переход от рабочего проектирования (конструирования, дизайна) к обязательному предварительному архитектурному.
5. Переход от непосредственной реализации к моделицентричной реализации.
6. Переход от документоцентризма к датацентризму.
7. Переход от работы «для одного хозяина» к работе со множеством заинтересованных сторон.
8. Переход от «проверки» к раздельным верификации и валидации.
9. Переход от методов «предсказания будущего» к использованию гибких методов.
10. Переход от «технологического конвейера» к «заказам-поставкам».

Создание ИОС должно происходить в рамках требований системной инженерии, но при этом вышеперечисленные подходы должны быть расширены для учета особенностей систем, работающих с базами знаний. Кратко, дополнения этих принципов могут быть представлены следующим образом.

Первый принцип должен отражать системный подход не только к описываемой деятельности, но и к всем участникам взаимодействия с системой на всех этапах жизненного цикла ИОС ВУЗа.

Важность применения процессного подхода для ИОС связана с необходимостью отражать динамику окружающего мира. Необходимо сохранить элементы структурного

подхода и широко их дополнить элементами процессного подхода – использовать интегрированный подход на всех этапах жизненного цикла системы.

Третий принцип для ИОС связан не только с рассмотрением проблемной области с разных позиций, но и использовать эти описания, например, через списки имен верхнего уровня.

Четвертый принцип отражает широкое использование при создании ИОС концептуального описания предметных областей – онтологий.

Для пятого принципа следует отметить в создании ИОС различных моделей, например, моделирование баз знаний с помощью сетей Петри.

В соответствии с шестым принципом ИОС должны отрабатывать динамику окружающего мира. Их базы знаний должны быть динамическими, содержать эволюционирующие знания.

Седьмой принцип актуален для всех ИТ-систем. Для интеллектуальных систем он связан с необходимостью применять многократно используемые компоненты (технические решения).

Раздельная верификация и валидация актуальны для интеллектуальных систем, содержащих большие базы знаний, которые должны быть актуальными.

Идея использования гибких методов работы с системой в будущем, для ИОС может быть реализована через методы машинного обучения.

Десятый принцип для ИОС означает создание оболочек для их разработки, библиотек многократно используемых компонентов.

Разработка современных ИОС связана с рядом серьезных проблем. К ним можно отнести следующие [2]:

Отсутствует общее унифицированное решение проблемы семантической совместимости компьютерных систем.

Зависимость архитектур компьютерных систем от платформ, на которых они реализованы, что порождает высокую трудоемкость переноса компьютерных систем на новые платформы.

Современные интеллектуальные информационные технологии не

ориентированы на широкий круг разработчиков прикладных компьютерных систем.

4. Структура интеллектуальной обучающей системы на основе сервисно-ориентированной архитектуры

Одним из подходов к созданию ИОС ВУЗа является использование сервисно-ориентированной архитектуры (COA). Основу COA составляет модульный подход к разработке программного обеспечения. Такой подход основан на использовании сервисов со стандартизированными интерфейсами, что позволяет многократно использовать функциональные элементы (модули, реализующие сервисы), ликвидировать дублирование функциональности в ИОС [9,10]. Функциональные элементы ИОС (модули, приложения) обычно реализуются, как набор имеющихся разработок с простым протоколом для обмена произвольными сообщениями в формате XML. Возможно использование и других реализаций (например, на базе jini, CORBA, на основе REST) [10].

Для формирования у современных специалистов требуемых компетенций можно выделить задачи, которые необходимо решать ЭОС на всех этапах обучения специалистов. Это такие задачи как:

- регистрация пользователей;
- получение доступа к индивидуальной среде;
- просмотр базы знаний с обеспечением целостности данных, исключением ошибок ввода, облегчением ввода данных, автоматизацией обработки описаний на множестве объектов и поиском;
- просмотр, наполнение и редактирование репозитория с широкими возможностями в оформлении учебного материала, большим набором мультимедийного наполнения, простотой и удобством, как создания новых учебных статей, так и их редактирования, с обеспечением коллективного доступа, наличием механизма ревизии описаний;
- ввод текущих оценок компетенции;
- оценка уровня знаний;
- контроль получения знаний;

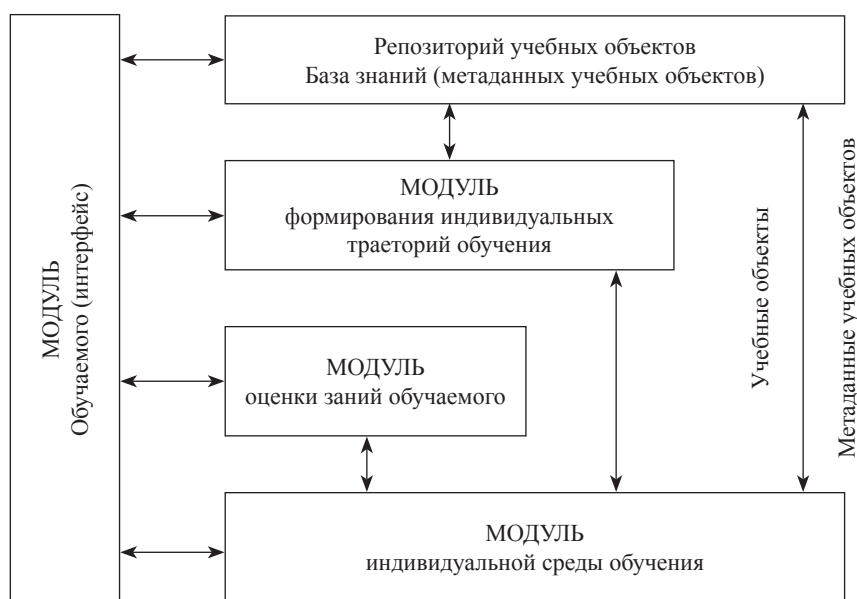


Рис. 1. Сервисно-ориентированная архитектура обучающей системы

- формирование индивидуальных траекторий – планирование индивидуальной программы обучения;
- реализацию индивидуальных программ обучения с использованием индивидуальной среды обучения.

Для решения выделенных задач в обучающей системе на основе СОА целесообразно выделить следующие компоненты:

- модуль обучаемого;
- модуль оценки знаний обучаемого;
- модуль формирования индивидуальных траекторий обучения;
- модуль индивидуальной среды обучения;
- репозиторий учебных объектов.

На рис. 1 представлена структура интеллектуальной обучающей системы на основе СОА [10]. Эта интеллектуальная обучающая система ориентирована на индивидуальную работу с обучаемыми. Модуль обучаемого является интерфейсной аппаратно-программной сущностью, обеспечивающей обучаемому возможность работы со всеми имеющимися в системе сервисами. Этот модуль позволяет формировать и хранить требуемые компетенции, текущие компетенции обучаемого и сформированные индивидуальные программы обучения. Модуль оценки знаний позволяет обучаемому определить свой текущий уровень компетенций и контролировать

процесс отработки индивидуальной траектории обучения [8]. Модуль формирования индивидуальных траекторий обучения осуществляет планирование последовательности учебных объектов в зависимости от требуемой компетенции и имеющихся у обучаемого. Индивидуальная среда обучения должна обеспечить возможность работы со всеми учебными объектами в рамках спланированной последовательности. Репозиторий учебных объектов должен обеспечить создание, хранение и использование учебных объектов различной природы.

Системы, обеспечивающие взаимодействие обучаемого с персональной средой обучения, могут иметь различные структуры: иерархические, одноуровневые, иерархические (многоуровневые), многоагентные, смешанные. В качестве основных элементов в такие системы входят:

- информационные хранилища, включающие базы данных и БЗ;
- система ввода данных и знаний;
- системы использования данных и знаний (решатель, модули речевого взаимодействия, технического зрения, оценки обучаемого);
- модули взаимодействия пользователя с индивидуальной средой обучения.

Важным в такой системе является наличие модуля формирования и

использования информационного пространства [7]. Интерфейс такого модуля является многофункциональным и сложным. Для реализации такого интерфейса необходимо несколько различных сервисов: распознавания речи, синтеза речевых сообщений, распознавания образов, синтеза изображений и др.

5. Заключение

Использование технологий инжиниринга при создании интеллектуальных обучающих систем позволит повысить эффективность процесса обучения благодаря возможности подстройки (адаптации) под современные требования. Перспективным направлением развития адаптивных обучающих систем является создание учебных объектов с использованием контекста анализируемых знаний. Это актуально для предметных областей большого размера, так как позволяет сократить обрабатываемые объемы знаний. Кроме того, большой интерес стали вызывать когнитивные модели [3], связанные с формированием и использованием категорий и схем отработки возникающих ситуаций.

Литература

1. Батоврин В. К. Образование в системной инженерии – проблемы подготовки специалистов для создания конкурентоспособных систем // Интернет – журнал «Открытое образование». – 2010, №2.
2. Зенкина С.В., Трембач В.М., Некоторые подходы к представлению действительности для решения задач обучения специалистов в современной образовательной среде, // Научно-практический журнал «Открытое образование», МЭСИ, №4, 2014, с. 39–49
3. Кузнецов О.П. Когнитивная семантика и искусственный интеллект // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2012. – №4. С. 32–42
4. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем: учеб. пособие /Г.В. Рыбина. – М.: Финансы и статистика, ИНФРА-М, 2010. – 432 с.
5. Системная инженерия программного обеспечения: введение. –

«Открытые системы», № 05, 2002 /:
<http://www.osp.ru/os/2002/05/181460/>

6. Системная инженерия и задачи инженерной подготовки в ТПУ (Аналитический обзор), Томский политехнический университет, 2012 г./:
http://portal.tpu.ru/standard/design/syst_engineerin/Tab/Syst.pdf

7. Тельнов Ю.Ф. Модель многоагентной системы реализации информационно-образовательного пространства // Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2014 (24–27 сентября 2014 г., г. Казань, Россия): Труды конференции. Т.1. – Казань: Изд-во РИЦ «Школа», 2014. – С. 334–343.

8. Трембач В.М., Некоторые подходы к оценке знаний на основе интеллектуальных технологий // Научно-практический журнал «Прикладная информатика», №1, 2014, с. 44–49.

9. Трембач В.М., Боровой вычислительный комплекс с использованием сервисов речевого взаимодействия. // Научно-практический

журнал «Открытое образование», МЭСИ, №4, 2015, с. 45–50

10. <https://ru.wikipedia.org/wiki> – Википедия

References

1. Batovrin V. K. Obrazovanie v sistemoi inzhenerii – problemy podgotovki spetsialistov dlya sozdaniya konkurentosposobnykh sistem // Internet – zhurnal «Otkrytoe obrazovanie». – 2010, №2.

2. Zenkina S.V., Trembach V.M., Nekotorye podkhody k predstavleniyu deistvitel'nosti dlya resheniya zadach obucheniya spetsialistov v sovremennoi obrazovatel'noi srede, // Nauchno-prakticheskii zhurnal «Otkrytoe obrazovanie», MESI, №4, 2014, s. 39–49.

3. Kuznetsov O.P. Kognitivnaya semantika i iskusstvennyi intellekt // Iskustvennyi intellekt i prinyatie reshenii. – 2012. – №4, s. 32–42

4. Rybina G.V. Osnovy postroyeniya intellektual'nykh sistem: ucheb. posobie /G.V. Rybina. – М.: Finansy i statistika, INFRA-M, 2010. – 432 s.

5. Sistemnaya inzheneriya programmnogo obespecheniya: vvedenie. –

«Otkrytye sistemy», № 05, 2002 /:
<http://www.osp.ru/os/2002/05/181460/>

6. Sistemnaya inzheneriya i zadachi inzhenernoi podgotovki v TPU (Analiticheskii obzor), Tomskii politekhnicheskii universitet, 2012g./:
http://portal.tpu.ru/standard/design/syst_engineerin/Tab/Syst.pdf

7. Tel'nov Yu.F. Model' mnogoagentnoi sistemy realizatsii informatsionno-obrazovatel'nogo prostranstva // Chetyrnadtsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem KII-2014 (24–27 sentyabrya 2014 g., g. Kazan', Rossiya): Trudy konferentsii. T.1. – Kazan': Izd-vo RITs «Shkola», 2014. – s. 334 – 343.

8. Trembach V.M., Nekotorye podkhody k otsenke znaniy na osnove intellektual'nykh tekhnologii // Nauchno-prakticheskii zhurnal «Prikladnaya informatika», №1, 2014, s. 44–49.

9. Trembach V.M., Bortovoi vychislitel'nyi kompleks s ispol'zovaniem servisov rechevogo vzaimodeistviya. // Nauchno-prakticheskii zhurnal «Otkrytoe obrazovanie», MESI, №4, 2015, s. 45–50

10. <https://ru.wikipedia.org/wiki> – Vikipediya

Научное издание

Экономика, Статистика и Информатика.
Вестник УМО

Учредитель:
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет
имени Г. В. Плеханова»

Главный редактор
В.Г. Минашкин

Заместитель главного редактора
Е.А. Егорова

Ответственный редактор
П.А. Смелов

Технический редактор
Е.И. Аникеева

Адрес редакции:

119501, г. Москва,
ул. Нежинская, д. 7, оф. 214
Тел.: (495) 442-66-33 (доб. 335)
E-mail: Egorova.EA@rea.ru
Anikeeva.El@rea.ru

Подписано в печать 21.07.16. Формат 70х108 1/16. Печать офсетная.
Печ. л. 8,5. Тираж 1500 экз. Заказ

Напечатано в ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова».
117997, Москва, Стремянный пер., 36.

Подписка на научно-практический журнал
«Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО»
на 2016 г. осуществляется через каталог
подписных изданий

**«Газеты. Журналы» ОАО Агентство «Роспечать» —
подписной индекс 80246**

Размещение в научной электронной библиотеке (РИНЦ)
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28212