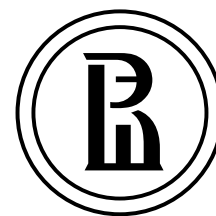


БИЗНЕС- ИНФОРМАТИКА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ НИУ ВШЭ



Издатель:

Национальный
исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

Подписной индекс
в каталоге агентства
«Роспечать» – 72315

Выпускается ежеквартально

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

Главный редактор
А.О. Голосов

Заместители главного редактора
С.В. Мальцева
Е.А. Кучерявый

Компьютерная верстка
О.А. Богданович

Администратор веб-сайта
И.И. Хрусталева

Адрес редакции:

119049, г. Москва,
ул. Шаболовка, д. 28/11, стр. 4
Тел./факс: +7 (495) 772-9590 *26311
<http://bijournal.hse.ru>
E-mail: bijournal@hse.ru

За точность приведенных сведений
и содержание данных,
не подлежащих открытой публикации,
несут ответственность авторы

При перепечатке ссылка на журнал
«Бизнес-информатика» обязательна

Тираж:

русскоязычная версия – 300 экз.,
англоязычная версия – 300 экз.,
онлайн-версии на русском и английском –
свободный доступ

Отпечатано в типографии НИУ ВШЭ
г. Москва, Кочновский проезд, 3

© Национальный
исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

СОДЕРЖАНИЕ

Анализ данных и интеллектуальные системы

Е.И. Грибков, Ю.П. Ехлаков

Нейросетевая модель для обработки запросов
пользователей на этапе эксплуатации
и сопровождения программного продукта 7

Е.С. Прокофьева, Р.Д. Зайцев

Анализ клинических путей пациентов
в медицинских учреждениях на основе методов
жесткой и нечеткой кластеризации..... 19

Информационные системы и технологии в бизнесе

*Д.В. Первухин, Е.А. Исаев, Г.О. Рытиков,
Е.К. Филюгина, Д.А. Айрапетян*

Сравнительный анализ теоретических моделей
каскадных, итеративных и гибридных подходов
к управлению жизненным циклом ИТ-проекта..... 32

Э. Агбозо, А.Н. Медведев

О многоканальной модели предоставления услуг
в управляемом данными государственном секторе 41

Р.Д. Гутгарц

Практические аспекты проектного обучения
при изучении дисциплины «Проектирование
информационных систем» 51

Моделирование социальных и экономических систем

Е.Д. Копнова, Л.А. Родионова

Моделирование процессов глобализации
с учетом структурных сдвигов, на примере Алжира 62

М.Б. Зуев, Б.П. Зуев, И.Н. Булгакова

Формирование и развитие метода оценки
практической эффективности менеджмента
в концепции оперативного управления 75

О ЖУРНАЛЕ

«**Б**изнес-информатика» – рецензируемый междисциплинарный научный журнал, выпускаемый с 2007 года Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Администрирование журнала осуществляется школой бизнес-информатики НИУ ВШЭ. Журнал выпускается ежеквартально.

Миссия журнала – развитие бизнес-информатики как новой области информационных технологий и менеджмента. Журнал осуществляет распространение последних разработок технологического и методологического характера, способствует развитию соответствующих компетенций, а также обеспечивает возможности для дискуссий в области применения современных информационно-технологических решений в бизнесе, менеджменте и экономике.

Журнал публикует статьи по следующей тематике:

- ◆ автоматизация процессов управления и производства
- ◆ анализ данных и интеллектуальные системы
- ◆ информационные системы и технологии в бизнесе
- ◆ математические методы и алгоритмы бизнес-информатики
- ◆ программная инженерия
- ◆ интернет-технологии
- ◆ моделирование и анализ бизнес-процессов
- ◆ стандартизация, сертификация, качество, инновации
- ◆ правовые вопросы бизнес-информатики
- ◆ принятие решений и бизнес-интеллект
- ◆ моделирование социальных и экономических систем
- ◆ информационная безопасность.

В соответствии с решением президиума Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации 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, по следующим группам научных специальностей: 05.13.00 – информатика, вычислительная техника и управление; 05.25.00 – документальная информация; 08.00.00 – экономические науки.

Журнал входит в базы Web of Science Emerging Sources Citation Index (WoS ESCI) и Russian Science Citation Index на платформе Web of Science (RSCI).

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство ПИ № ФС77-66609 от 08 августа 2016 г.

Международный стандартный серийный номер (ISSN): 1998-0663 (на русском), 2587-814X (на английском).

Главный редактор: Голосов Алексей Олегович, кандидат технических наук, Президент компании «ФОРС – Центр разработки».

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Голосов Алексей Олегович

Компания «ФОРС – Центр разработки», Москва, Россия

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Мальцева Светлана Валентиновна

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия

Кучерявый Евгений Андреевич

Технологический университет Тампере, Тампере, Финляндия

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Абдульраб Абиб

Национальный институт прикладных наук, Руан, Франция

Авдошин Сергей Михайлович

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия

Акопов Андраник Сумбатович

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия

Алескеров Фуад Тагиевич

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия

Афанасьев Александр Петрович

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН,
Москва, Россия

Афанасьев Антон Александрович

Центральный экономико-математический институт РАН,
Москва, Россия

Бабкин Эдуард Александрович

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Нижний Новгород, Россия

Баландин Сергей Игоревич

Ассоциация FRUCT, Хельсинки, Финляндия

Баранов Александр Павлович

Главный научно-исследовательский вычислительный центр
Федеральной налоговой службы, Москва, Россия

Баракнин Владимир Борисович

Институт вычислительных технологий СО РАН,
Новосибирск, Россия

Беккер Йорг

Университет Мюнстера, Мюнстер, Германия

Белов Владимир Викторович

Рязанский государственный радиотехнический университет,
Рязань, Россия

Вестнер Маркус

Регенсбургский университет прикладных наук,
Регенсбург, Германия

Гаврилова Татьяна Альбертовна

Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Глотен Эрве

Тулонский университет, Ла-Гард, Франция

Грибов Андрей Юрьевич

Компания «КиберПлат», Москва, Россия

Громов Александр Игоревич

Национальный исследовательский университет «Высшая школа
экономики», Москва, Россия

Гурвич Владимир Александрович

Раттерский университет (Университет Нью-Джерси),
Раттерс, США

Демидова Лилия Анатольевна

Рязанский государственный радиотехнический университет,
Рязань, Россия

Джейкобс Лоренц

Университет Цюриха, Цюрих, Швейцария

Дискин Иосиф Евгеньевич

Всероссийский центр изучения общественного мнения,
Москва, Россия

Ефимушкин Владимир Александрович

Центральный научно-исследовательский институт связи,
Москва, Россия

Зандкуль Курт

Университет Ростока, Росток, Германия

Иванников Александр Дмитриевич

Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН,
Москва, Россия

Ильин Николай Иванович

Федеральная служба охраны Российской Федерации, Москва, Россия

Исаев Дмитрий Валентинович

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия

Калягин Валерий Александрович

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Нижний Новгород, Россия

Кравченко Татьяна Константиновна

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия

Кузнецов Сергей Олегович

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия

Лугачев Михаил Иванович

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Лин Квей-Жей

Технологический институт Нагои, Нагоя, Япония

Мейор Питер

Комиссия ООН по науке и технологиям, Женева, Швейцария

Миркин Борис Григорьевич

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия

Моттль Вадим Вячеславович

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Назаров Дмитрий Михайлович

Уральский государственный экономический университет,
Екатеринбург, Россия

Пальчунов Дмитрий Евгеньевич

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Пардалос Панайот (Панос)

Университет Флориды, Гейнсвилл, США

Пастор Оскар

Политехнический университет Валенсии, Валенсия, Испания

Посегга Йохим

Университет Пассау, Пассау, Германия

Самуйлов Константин Евгеньевич

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Сюняев Али Рашидович

Технологический институт Карлсруэ, Карлсруэ, Германия

Таратухин Виктор Владимирович

Университет Мюнстера, Мюнстер, Германия

Триболе Жозе

Университет Лиссабона, Лиссабон, Португалия

Ульянов Михаил Васильевич

Институт проблем управления им В.А. Трапезникова РАН,
Москва, Россия

Ускенбаева Раиса Кабиевна

Международный университет информационных технологий,
Алматы, Казахстан

Цуканова Ольга Анатольевна

Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики,
Санкт-Петербург, Россия

Чхартишвили Александр Гедewanович

Институт проблем управления им В.А. Трапезникова РАН,
Москва, Россия

Шмидт Юрий Давыдович

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Штраус Кристина

Университет Вены, Вена, Австрия

ISSN 1998-0663 (print), ISSN 2587-8166 (online)

English version: ISSN 2587-814X (print), ISSN 2587-8158 (online)

BUSINESS INFORMATICS

HSE SCIENTIFIC JOURNAL

CONTENTS

Data analysis and intelligence systems

E.I. Gribkov, Yu.P. Yekhlakov

Neural network model for user request analysis during software operations and maintenance phase 7

E.S. Prokofyeva, R.D. Zaytsev

Clinical pathways analysis of patients in medical institutions based on hard and fuzzy clustering methods 19

Information systems and technologies in business

*D.V. Pervoukhin, E.A. Isaev, G.O. Rytikov,
E.K. Filyugina, D.A. Hayrapetyan*

Theoretical comparative analysis of cascading, iterative, and hybrid approaches to IT project life cycle management..... 32

E. Agbozo, A.N. Medvedev

Towards a Multi-Channel Service Delivery model in the data-driven public sector 41

R.D. Gutgarts

Practical aspects of project-based learning in the study of the discipline “Developing information systems” 51

Modeling of social and economic systems

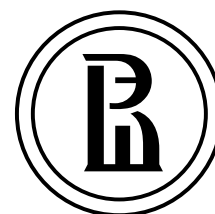
E.D. Kopnova, L.A. Rodionova

Modeling globalization processes taking into account structural changes, using Algeria as an example 62

M.B. Zuev, B.P. Zuev, I.N. Bulgakova

The formation and development of the performance assessment method in the conception of operational management 75

Vol. 14 No 1 – 2020



Publisher:
National Research University
Higher School of Economics

Subscription index
in the Rospechat catalog –
72315

The journal is published quarterly

The journal is included
into the list of peer reviewed
scientific editions established
by the Supreme Certification
Commission of the Russian Federation

Editor-in-Chief:
A. Golosov

Deputy Editor-in-Chief
S. Maltseva
Y. Koucheryav

Computer Making-up:
O. Bogdanovich

Website Administration:
I. Khrustaleva

Address:
28/11, build. 4, Shablovka Street
Moscow 119049, Russia

Tel./fax: +7 (495) 772-9590 *26311
<http://bijournal.hse.ru>
E-mail: bijournal@hse.ru

Circulation:
English version – 300 copies,
Russian version – 300 copies,
online versions in English and Russian –
open access

Printed in HSE Printing House
3, Kochnovsky Proezd, Moscow,
Russia

© National Research University
Higher School of Economics

ABOUT THE JOURNAL

Business Informatics is a peer reviewed interdisciplinary academic journal published since 2007 by National Research University Higher School of Economics (HSE), Moscow, Russian Federation. The journal is administered by School of Business Informatics. The journal is published quarterly.

The mission of the journal is to develop business informatics as a new field within both information technologies and management. It provides dissemination of latest technical and methodological developments, promotes new competences and provides a framework for discussion in the field of application of modern IT solutions in business, management and economics.

The journal publishes papers in the areas of, but not limited to:

- ◆ automation of management and production processes
- ◆ data analysis and intelligence systems
- ◆ information systems and technologies in business
- ◆ mathematical methods and algorithms of business informatics
- ◆ software engineering
- ◆ internet technologies
- ◆ business processes modeling and analysis
- ◆ standardization, certification, quality, innovations
- ◆ legal aspects of business informatics
- ◆ decision making and business intelligence
- ◆ modeling of social and economic systems
- ◆ information security.

The journal is included into the list of peer reviewed scientific editions established by the Supreme Certification Commission of the Russian Federation.

The journal is included into Web of Science Emerging Sources Citation Index (WoS ESCI) and Russian Science Citation Index on the Web of Science platform (RSCI).

International Standard Serial Number (ISSN): 2587-814X (in English), 1998-0663 (in Russian).

Editor-in-Chief: Dr. Alexey Golosov – President of FORS Development Center, Moscow, Russia.

EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF

Alexey O. Golosov

FORS Development Center, Moscow, Russia

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Svetlana V. Maltseva

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Yevgeni A. Koucheryavy

Tampere University of Technology, Tampere, Finland

EDITORIAL BOARD

Habib Abdulrab

National Institute of Applied Sciences, Rouen, France

Sergey M. Avdoshin

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Andranik S. Akopov

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Fuad T. Aleskerov

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Alexander P. Afanasyev

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute), Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Anton A. Afanasyev

Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Eduard A. Babkin

National Research University Higher School of Economics, Nizhny Novgorod, Russia

Sergey I. Balandin

Finnish-Russian University Cooperation in Telecommunications (FRUCT), Helsinki, Finland

Vladimir B. Barakhnin

Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Alexander P. Baranov

Federal Tax Service, Moscow, Russia

Jorg Becker

University of Munster, Munster, Germany

Vladimir V. Belov

Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan, Russia

Alexander G. Chkhartishvili

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Vladimir A. Efimushkin

Central Research Institute of Communications, Moscow, Russia

Tatiana A. Gavrilova

Saint-Petersburg University, St. Petersburg, Russia

Hervé Glotin

University of Toulon, La Garde, France

Andrey Yu. Gribov

CyberPlat Company, Moscow, Russia

Alexander I. Gromoff

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Vladimir A. Gurvich

Rutgers, The State University of New Jersey, Rutgers, USA

Laurence Jacobs

University of Zurich, Zurich, Switzerland

Liliya A. Demidova

Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan, Russia

Iosif E. Diskin

Russian Public Opinion Research Center, Moscow, Russia

Nikolay I. Ilyin

Federal Security Guard of the Russian Federation, Moscow, Russia

Dmitry V. Isaev

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Alexander D. Ivannikov

Institute for Design Problems in Microelectronics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Valery A. Kalyagin

National Research University Higher School of Economics, Nizhny Novgorod, Russia

Tatiana K. Kravchenko

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Sergei O. Kuznetsov

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Kwei-Jay Lin

Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Japan

Mikhail I. Lugachev

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Peter Major

UN Commission on Science and Technology for Development, Geneva, Switzerland

Boris G. Mirkin

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Vadim V. Mottl

Tula State University, Tula, Russia

Dmitry M. Nazarov

Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

Dmitry E. Palchunov

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Panagote (Panos) M. Pardalos

University of Florida, Gainesville, USA

Óscar Pastor

Polytechnic University of Valencia, Valencia, Spain

Joachim Posegga

University of Passau, Passau, Germany

Konstantin E. Samouylov

Peoples' Friendship University, Moscow, Russia

Kurt Sandkuhl

University of Rostock, Rostock, Germany

Yuriy D. Schmidt

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Christine Strauss

University of Vienna, Vienna, Austria

Ali R. Sunyaev

Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

Victor V. Taratukhin

University of Munster, Munster, Germany

José M. Tribolet

Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal

Olga A. Tsukanova

Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, St. Petersburg, Russia

Mikhail V. Ulyanov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Raissa K. Uskenbayeva

International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

Markus Westner

Regensburg University of Applied Sciences, Regensburg, Germany

DOI: [10.17323/2587-814X.2020.1.7.18](https://doi.org/10.17323/2587-814X.2020.1.7.18)

Нейросетевая модель для обработки запросов пользователей на этапе эксплуатации и сопровождения программного продукта

Е.И. Грибков^{a,b}

E-mail: drnemor@gmail.com

Ю.П. Ехлаков^a 

E-mail: upe@tusur.ru

^aТомский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40

^bООО «ТомскСофт»
Адрес: 634034, г. Томск, ул. Нахимова, д. 8

Аннотация

В статье предлагается оригинальная нейросетевая модель на основе системы переходов для извлечения информативных высказываний из текстов обращений пользователей. Описаны конфигурация и система переходов, определяющие процесс извлечения составных объектов как исполнение последовательности переходов. Предсказание последовательности переходов осуществляется при помощи нейронной сети, признаки которой формируются на основе конфигурации. Для обучения и оценки качества работы модели создан размеченный набор текстов отзывов о приложениях из магазина приложений Google Play для операционной системы Android. Описана процедура обучения модели для извлечения информативных фраз на наборе отзывов, предложены конкретные значения гиперпараметров модели. Проведено экспериментальное сравнение предложенной модели с гибридной моделью на основе сверточной и рекуррентной нейронных сетей. Для сравнения моделей использовался критерий F1, характеризующий соотношение полноты и точности извлечения информативных фраз. Результаты экспериментального исследования предложенной модели показывают, что она дает более высокие по сравнению с аналогом результаты: F1 для извлечения фрагментов объектов выше на 2,9%, для извлечения связей между фрагментами – на 36,2%. Качественный анализ полученных результатов говорит о возможности практического применения предложенной модели для обработки запросов пользователей при эксплуатации и сопровождении программных продуктов.

Ключевые слова: обработка естественного языка; сопровождение программного обеспечения; машинное обучение; глубокое обучение; модель на основе системы переходов.

Цитирование: Грибков Е.И., Ехлаков Ю.П. Нейросетевая модель для обработки запросов пользователей на этапе эксплуатации и сопровождения программного продукта // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 1. С. 7–18.
DOI: [10.17323/2587-814X.2020.1.7.18](https://doi.org/10.17323/2587-814X.2020.1.7.18)

Введение

Конкурентоспособность рыночного программного продукта во многом зависит от качества и своевременности реагирования ИТ-компаний на запросы конечных пользователей в связи с некачественной работой программных продуктов (ПП), ошибками в технической документации, недостаточной квалификацией конечных пользователей и т.д. Оперативное решение этих пользовательских проблем осуществляется на этапе эксплуатации и сопровождения программного продукта [1]. По данным работы [2], на эти этапы приходится 67% времени жизненного цикла ПП.

Для обработки запросов пользователей, как правило, представленных в неструктурированной текстовой форме (электронные письма, сообщения на форумах и чатах поддержки), и реагирования на них в ИТ-компаниях создаются службы технической поддержки. Следует отметить, что современные системы автоматизации работы службы поддержки (helpdesk-системы), такие как HappyFox, Service Desk Plus, FreshDesk, Zendesk, имеют достаточно развитый функционал, обеспечивающий прием и хранение заявок пользователей, связь с другими заявками, мониторинг исполнения заявок, хранение истории переписки с пользователем. Однако основная часть работы по семантическому анализу текста обращения пользователя и назначение специалистов по-прежнему возлагается на человека. При росте количества пользователей остро встает проблема масштабируемости поддержки и увеличения финансовых затрат на содержание непрофильных структур.

Кроме обработки «явных» обращений пользователей, связанных с функционалом ПП, большой интерес для компаний могут представлять «неявные» обращения, высказываемые пользователями в каналах, которые редко являются объектами внимания службы поддержки – форумах, блогах и социальных сетях за пределами созданных разработчиками ПП групп и сообществ. «Неявные» обращения, выражаемые в виде текстов мнений или отзывов, могут быть столь же полезны разработчикам ПП, как и явные, и вместе с тем являются намного более многочисленными. Поскольку ручной анализ большого объема текстовой информации затруднителен, данный пласт информации либо обрабатывается лишь время от времени, либо не рассматривается вовсе.

Задачи обработки большого объема текстовой информации могут быть решены при помощи автоматизированной обработки текстов обращений пользователей, для анализа проблем, возникших при эксплуатации ПП. В настоящее время имеется ряд работ, посвященных автоматической обработке текстов пользовательских запросов с целью выявления знаний, полезных при разработке и сопровождении программных продуктов. Так, в работе [3] для выявления жалоб на программные ошибки, содержащихся в багтрекерах проектов на основе открытого исходного кода, рассматривается применение решающих деревьев, наивного байесовского классификатора и логистической регрессии. Исследование [4] посвящено анализу различных аспектов текстов отзывов о мобильных приложениях, публикуемых в магазине Apple AppStore. Отмечается, что хотя часть отзывов не представляет интереса для разработчиков приложений, другие отзывы содержат сообщения об ошибках, пользовательский опыт и запросы на введение новых функций. Проблема анализа текстов отзывов из магазина приложений Google на предмет наличия запросов на расширение функциональности рассматривается в работе [5]. Авторы используют набор лингвистических правил для классификации предложений по критерию «содержит / не содержит запрос», после чего при помощи тематической модели Latent Dirichlet Allocation определяют основные темы текстов. В работе [6] предлагается корпус отзывов о мобильных приложениях на немецком языке из магазина приложений Google Play Store, который содержит упоминания признаков приложений (аспекты) и оценочные высказывания (описания) пользователей о них.

Проведенный анализ показывает, что существующие модели работают на уровне предложений и не позволяют непосредственно определять фразы, в которых высказывается основная суть обращения пользователя. Кроме того, каждая из описанных моделей позволяет извлекать только один тип запроса, что не соответствует реальным потребностям службы технической поддержки пользователей. В данной работе предлагается решение, способное в рамках одной модели обрабатывать множество типов пользовательских запросов и при этом выделять в текстах ключевые семантические фразы. Данная модель является развитием идей, описанных ранее в работе [7].

**1. Постановка задачи
обработки запросов пользователей
на этапе эксплуатации и сопровождения
программного продукта**

Задача обработки запросов, содержащих мнения пользователей, на этапах эксплуатации и сопровождения программного продукта в данной работе сводится к извлечению из текстов запросов информативных фраз (ИФ), содержащих конкретные вопросы, пожелания и требования пользователей. Структуру ИФ предлагается задать в виде пары «объект – описание», где под объектом понимается упоминание в тексте самого ПП, его функций, элементов графического интерфейса и т.п., а под описанием – некоторую фразу, в кото-

рой пользователь оценивает объект и описывает сложившуюся ситуацию.

Для разделения всех возможных ИФ на семантически похожие группы предложен оригинальный классификатор, основанный на элементах универсальной модели деятельности [8]: субъект деятельности, объект, на который направлена деятельность, средства, используемые в процессе деятельности, взаимосвязи между элементами деятельности. Применительно к особенностям решаемой задачи, субъектом деятельности является пользователь ПП, объектом – программный продукт, а средствами – аппаратно-программные средства, обеспечивающие функционирование ПП. На основе данной модели разработан иерархический классификатор типов ИФ, представленный на *рисунке 1*.

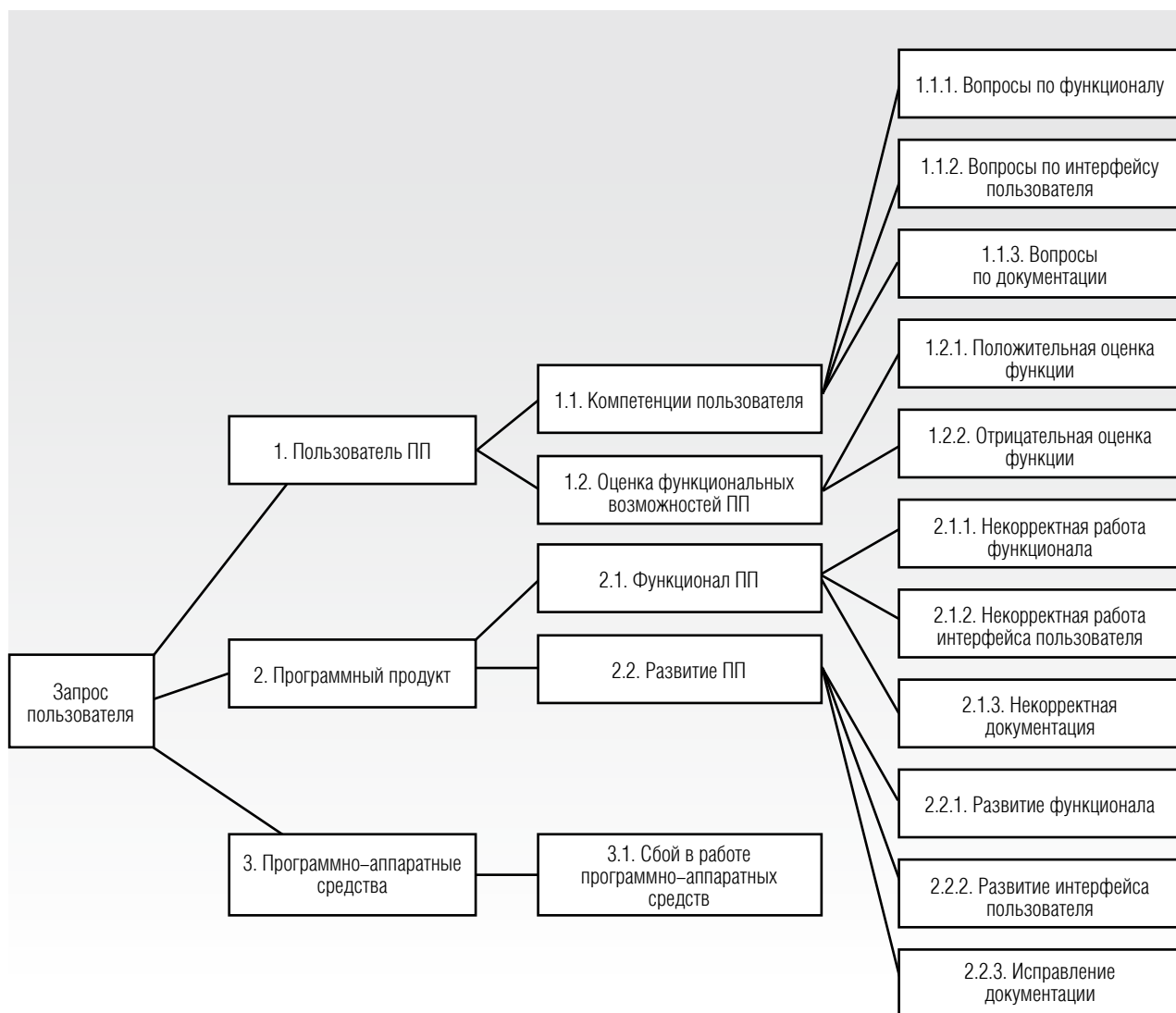


Рис. 1. Классификатор информативных фраз

К числу элементов классификатора относятся:

- ♦ *компетенции пользователя* – вопросы пользователей о функциональных возможностях ПП, его графическом интерфейсе и технической документации;

- ♦ *оценка функциональных возможностей ПП* – положительные и негативные мнения пользователей о функциональных возможностях ПП;

- ♦ *функционал ПП* – фразы, в которых пользователи сообщают о некорректной работе функций ПП и его графического интерфейса, фактических ошибках в документации;

- ♦ *развитие ПП* – запросы пользователей на развитие функциональности ПП и доработку документации и графического интерфейса;

- ♦ *сбой в работе программно-аппаратных средств* – жалобы пользователей на сбои в работе внешних по отношению к ПП программных и аппаратных средств.

Авторы не претендуют на полноту предложенного классификатора информативных фраз для любых предметных областей. В данном случае для построения модели извлечения ИФ был проведен анализ текстов запросов из магазина Google Play. В результате такого анализа из классификатора было выделено четыре укрупненных класса ИФ, чаще всего упоминаемых пользователями – программная ошибка («ошибки программного продукта»), запрос на новый функционал («развитие программного продукта»), положительная оценка функции, отрицательная оценка функции.

Приведем примеры ИФ из текстов запросов пользователей магазина приложений Google Play Market:

- ♦ *программная ошибка (bug)*: «плеер не отображается на экране блокировки», «плейлист не обновляется при свейпе вниз»;

- ♦ *запрос на новый функционал (feature request)*: «добавить кнопку проигрывания вперемешку», «иметь возможность редактировать теги»;

- ♦ *положительная оценка функции (positive)*: «много возможностей для манипуляций со звуком», «отменить прием – быстро»;

- ♦ *отрицательная оценка функции (negative)*: «не хранится архив записей», «дублирует функционал приложения госуслуги».

Таким образом, имея на входе текст запроса пользователя в виде последовательности слов $\mathbf{w} = w_1, \dots, w_N$, и структуру классификатора, необходимо извлечь из текста множество содержащихся в нем ИФ.

Формально ИФ будем называть тройку (o, d, l) , где o – объект, d – описание, l – класс ИФ из множества $Labels = \{Bug, Feature request, Positive, Negative\}$. Объект и описания в тексте определены как фрагменты (непрерывные последовательности слов): $o = (w_i, \dots, w_j)$, $d = (w_p, \dots, w_q)$. Класс ИФ будет определяться меткой из $Labels$, назначенной описанию. Примеры структуры ИФ представлен на *рисунке 2*.

2. Нейросетевая модель на основе системы переходов

Для извлечения ИФ из текстов запросов пользователей предлагается использовать оригинальную нейросетевую модель на основе системы переходов (transition-based). Данный тип моделей широко применяется при решении задач предсказания объектов со сложной структурой: определения фразовой структуры предложения [9], предсказания синтаксических деревьев зависимостей [10] и извлечения именованных сущностей [11]. Среди преимуществ моделей этого типа выделяют высокую скорость работы, а также возможность использовать нелокальные признаки. Использование модели на основе системы переходов предполагает задание абстрактного автомата, который обрабатывает входной текст и получает на выходе множество ИФ. Состояние абстрактного автомата определяется конфигурацией C , которая изменяется при исполнении автоматом переходов. Начальная конфигурация C_0 задается на основе входного текста, а после исполнения конечной последовательности переходов $y = y_1, \dots, y_T, y_i \in Y$ автомат достигает конечной конфигурации C_T , которая содержит ИФ из анализируемого текста. Выбор очередного перехода на шаге t осуществляется вероятностным классификатором на основе текущей конфигурации C_t :

$$\hat{y}_t = \operatorname{argmax}_{y \in A(C_t)} P(y | C_t). \tag{1}$$

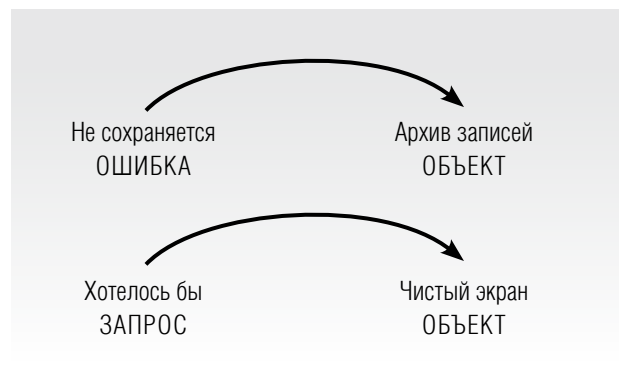


Рис. 2. Пример структуры информационной фразы

В этом случае конфигурация задана кортежем (B, S, L, H) . Список B содержит слова исходного текста. Стек S содержит объекты и описания в порядке их обнаружения в тексте. В ходе предсказания сущности из нескольких слов формируются инкрементально, поэтому в сущность на вершине стека допускается добавлять новые слова. Список L содержит связи между элементами стека S . Список H хранит историю совершенных переходов, которая привела к текущей конфигурации C_t .

Рассмотрим смысл элементов множества доступных переходов $Y = \{Shift, Start(e), Add(e), Link(n_1, n_2), End\}$. $Shift$ отбрасывает из B первый элемент. $Start(e)$ определяет новый фрагмент класса $e \in Labels \cup \{Object\}$, помещает его на вершину стека S , и перемещает слово из начала списка B в созданный фрагмент. $Add(e)$ перемещает элемент из начала списка B во фрагмент, находящийся на вершине стека S . $Link(n_1, n_2)$ связывает элементы стека S на позициях n_1 и n_2 , образованная связь помещается в конец списка L . Такой способ задания множества Y ограничивает максимальную глубину, на которой можно образовать связь между элементами S . В данной работе эту характеристику предлагается определить как наибольшее значение глубины между связанными фрагментами, встречающиеся в обучающем наборе. Переход End заканчивает процесс предсказания.

Некоторые переходы можно совершить только в том случае, если текущая конфигурация удовлетворяет некоторым условиям: например, при пустом B нельзя выполнить ни один переход, кроме End и $Link(n_1, n_2)$. Ограничения на выполнение переходов учитываются в функции $A(C_t): C \rightarrow Y' \subseteq Y$, определяющей подмножество доступных в конфигурации C_t переходов. Необходимые для совершения каждого перехода условия приведены в таблице 1.

Таблица 1.

**Предусловия
выполнения переходов**

Переход	Условие
$Shift$	$B \neq \emptyset$
$Start(e)$	$B \neq \emptyset$
$Add(e)$	$B \neq \emptyset \wedge S \neq \emptyset \wedge class(S_1) = e$
$Link(n_1, n_2)$	$\exists S_{n_1} \wedge \exists S_{n_2} \wedge (n_1, n_2) \notin L$
End	$B = \emptyset$

Условное распределение вероятности по возможным переходам из выражения (1) задается классификатором следующего вида:

$$P(y | C) = \text{softmax}(\mathbf{W} \cdot \varphi(C_t) + \mathbf{b})_y, \quad (2)$$

$$\text{softmax}(\mathbf{v}_c) = \frac{\exp(\mathbf{v}_c)}{\sum_i \exp(\mathbf{v}_i)},$$

где \mathbf{W}, \mathbf{b} – параметры классификатора;

$\varphi(C_t)$ – вектор признаков, описывающий текущую конфигурацию.

Вектор признаков (C_t) формируется путем конкатенации векторов описаний отдельных элементов конфигурации:

$$\varphi(C) = \varphi(B); \varphi(S); \varphi(H). \quad (3)$$

Основой для формирования признаков элементов конфигурации служат контекстные векторные представления для исходного текста, образуемые с помощью функции F :

$$\varphi(B_1), \dots, \varphi(B_n) = F(E(w_1), \dots, E(w_n)), \quad (4)$$

где E – функция, отображающая слова в векторные представления.

В качестве F можно использовать любые функции, позволяющие отображать одну последовательность векторов в другую. В статье рассматриваются два варианта, получившие распространение в задачах обработки естественного языка: одномерные сверточные (CNN) [12–14] и рекуррентные (RNN) [15–17] нейронные сети.

В случае CNN каждый вектор выходной последовательности на позиции n формируется на основе векторов входной последовательности, находящихся в окне размера k с центром n по следующей формуле:

$$\mathbf{h}_n = \sigma(\mathbf{W}(E(w_{n-(k-1)/2}); \dots; E(w_{n+(k-1)/2})) + \mathbf{b}), \quad (5)$$

где \mathbf{W}, \mathbf{b} – параметры свертки;

σ – нелинейная функция активации.

Таким образом, \mathbf{h}_n можно назвать контекстным представлением исходного слова на позиции n . В качестве σ предлагается использовать функцию активации MaxOut [18], так как она показала наилучшую точность в ходе предварительных экспериментов. Кроме того, для улучшения качества обучения сети был использован подход из работы [19], суть которого заключается в том, что выход слоя сумми-

руется с изначальным входом. Таким образом, выход слоя описывается выражением:

$$\mathbf{h}_n^i = \sigma(\mathbf{W} \mathbf{h}_n^{i-1} + \mathbf{b}), + \mathbf{h}_n^{i-1}. \quad (6)$$

При использовании рекуррентных нейронных сетей (РНС) контекстные представления элементов последовательности образуются с помощью рекуррентных взаимосвязей следующего вида:

$$\mathbf{h}_n = \sigma(\mathbf{U}E(w_n) + \mathbf{W}\mathbf{h}_{n-1} + \mathbf{b}). \quad (7)$$

В этом случае контекстная информация передается таким образом, что элемент n несет информацию обо всех предыдущих $(n - 1)$. Учитывать последующий контекст можно применив двунаправленные РНС [20], в которых итоговые контекстные векторы образуются путем объединения векторов $\bar{\mathbf{h}}_n$ и \mathbf{h}_n , полученные при прямом (слева направо) и обратном (справа налево) проходах:

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{h}}_n &= \sigma(\bar{\mathbf{U}}E(w_n) + \bar{\mathbf{W}}\bar{\mathbf{h}}_{n-1} + \bar{\mathbf{b}}), \\ \mathbf{h}_n &= \sigma(\mathbf{U}E(w_n) + \mathbf{W}\mathbf{h}_{n-1} + \mathbf{b}), \\ \mathbf{h}_n &= (\bar{\mathbf{h}}_n; \mathbf{h}_n). \end{aligned} \quad (8)$$

Наиболее распространенным видом РНС является LSTM [21], показывающий высокую точность при решении многих задач обработки естественного языка [22–24]. В нашей работе предлагается использовать двунаправленную LSTM-сеть (Bi-LSTM) с несколькими слоями. На рисунке 3 приведены диаграммы сверточной и рекуррентной сетей для формирования контекстных представлений.

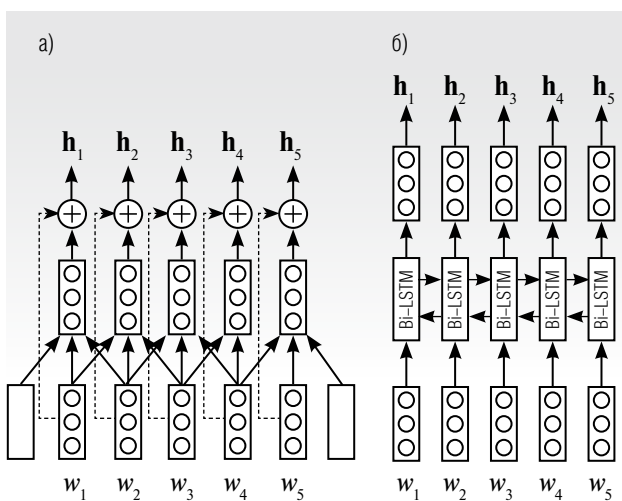


Рис. 3. Получение контекстных представлений элементов последовательности с помощью CNN и LSTM: сверточная нейронная сеть (а), рекуррентная нейронная сеть Bi-LSTM (б)

Вектор $\varphi(B)$ образован конкатенацией признаков первых трех элементов списка B :

$$\varphi(B) = [\varphi(B_1); \varphi(B_2); \varphi(B_3)].$$

Для вектора $\varphi(S)$ сначала рассчитываются вектора признаков для отдельных элементов S по следующей формуле:

$$\varphi(S_i) = \left(\frac{1}{e(i) - b(i)} \sum_{j=e(i)}^{b(i)} \varphi(B_j); E(\text{type}(i)) \right), \quad (9)$$

где $b(i)$, $e(i)$ – начальный и конечный индексы i -го фрагмента текста;

$E(\text{type}(i))$ – векторное представление типа фрагмента.

Поскольку в обучающей выборке максимальное расстояние между двумя любыми объединенными связью фрагментами равно четырем, глубину поиска связи можно ограничить первыми пятью элементами S . В этом случае полученные признаки для первых пяти элементов S конкатенируются, образуя вектор $\varphi(S)$:

$$\varphi(S) = (\varphi(S_1); \dots; \varphi(S_5)). \quad (10)$$

Для задания признаков истории переходов H в момент времени t используется скрытое состояние последнего шага сети LSTM:

$$\varphi(H) = \text{LSTM}(E(H_1); \dots; E(H_t))_t. \quad (11)$$

Предложенная модель (1–11) позволяет использовать одни и те же компоненты для получения признаков, которые используются как при извлечении фрагментов, так и при определении связей между ними. Это уменьшает общее количество параметров модели, которые необходимо обучить, что препятствует переобучению. Кроме того, такая структура модели реализует принципы многозадачного обучения [25, 26] (multitask learning), когда использование одной модели для решения нескольких связанных задач ускоряет процесс обучения и/или улучшает показатели качества. Обучение модели осуществляется путем максимизации правдоподобия истинных последовательностей переходов, которые формируются из предложений обучающей выборки. Функцией ошибки служит перекрестная энтропия (cross entropy) между предсказанным распределением по возможным действиям и истинным действиям:

$$L(\hat{\mathbf{y}}, \mathbf{y}) = \sum_t \left(- \sum_{i \in Y} \log(P(\hat{y}_t | C_t))_i(\mathbf{y}_t)_i \right). \quad (12)$$

Для оптимизации множества параметров модели θ , включающего параметры классификатора, сетей BiLSTM и LSTM и векторных представлений $E(H)$ и $E(type(i))$, может использоваться любой алгоритм градиентной оптимизации. Итоговая архитектура нейронной сети приведена на рисунке 4.

3. Экспериментальное исследование модели и анализ результатов

Валидация нейросетевой модели была проведена на корпусе текстов запросов пользователей магазина приложений Google Play на русском языке, состоящем из девяти категорий мобильных приложений: «Автомобили и транспорт», «Карты и навигация», «Медицина», «Музыка и аудио», «Персонализация», «Финансы», «Шопинг», «Образование», «Видеоплееры и редакторы». В каждой категории было выбрано по пять приложений, для каждого из них случайным образом было выбрано по 20 обращений. Каждое обращение, в свою очередь, разделилось на отдельные предложения.

Разметка запросов пользователей осуществлялась авторами работы на протяжении трех недель, после чего результат разметки был представлен стороннему специалисту для аудита и поиска ошибок. Затем

на основе полученной обратной связи в разметку были внесены исправления. Количественные данные по собранному корпусу приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Количественные данные по корпусу Google Play Store

Количество текстов запросов	900
Среднее количество слов в запросе	52,3
Количество ИФ	2391
Среднее количество ИФ в запросе	2,65
Количество объектов	2273
Количество положительных оценок функций	999
Количество негативных оценок функций	851
Количество запросов на новый функционал	200
Количество программных ошибок	677

В ходе экспериментов были опробованы два варианта предложенной модели, использующие в качестве механизма получения контекстных представлений сверточную нейронную сеть (6) и двунаправленную LSTM (8), которые далее будут называться Trans-CNN и Trans-LSTM. Для Trans-CNN были заданы следующие значения параметров:

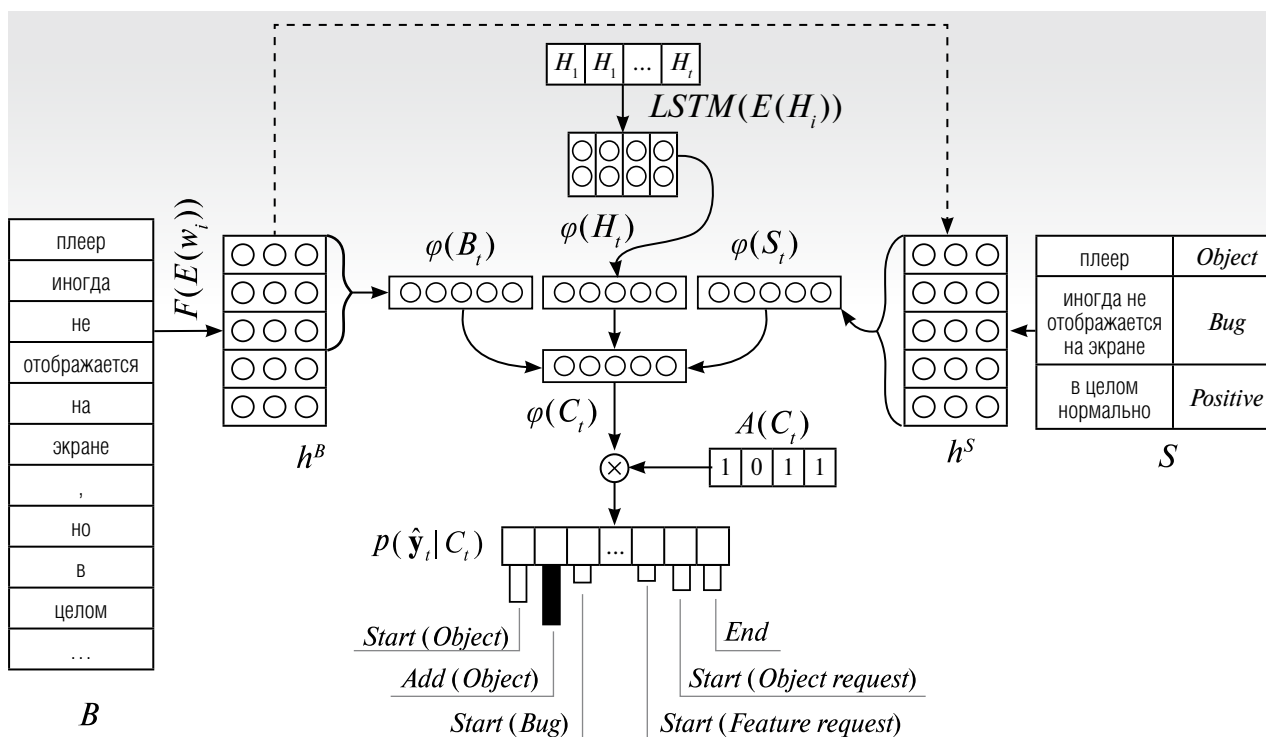


Рис. 4. Архитектура нейронной сети

размер окна свертки – 3, количество сверточных слоев – 3, количество фильтров – 150. В случае Trans-LSTM количество слоев BiLSTM – 2, размер скрытого слоя BiLSTM – 200. Общие параметры модели: размер скрытого слоя LSTM_н – 30, представление $E(H_i)$ – 30, $E(class(i))$ – 30.

Векторные представления слов строятся на основе предварительно обученной модели fastText [27] для русского языка, размер векторных представлений – 300. Выбор в пользу fastText обусловлен устойчивостью данной модели к опечаткам, а также эмпирическими данными, свидетельствующими о том, что он обладает лучшей точностью при работе с языками с богатой морфологией (например, русским). Оптимизация параметров модели осуществляется методом Adam со скоростью обучения 10^{-3} . Для предотвращения переобучения используются техники регуляризации: дропаут (dropout) 20%, регуляризация L_2 нормы весов на уровне $1,2 \cdot 10^{-6}$. В качестве базовой альтернативы для сравнения использовалась гибридная модель на основе сверточной и рекуррентной сети, предложенная в работе [28].

Вычисление оценок качества извлечения проводилось с помощью процедуры k -fold кросс-валидации, при которой выборка разбивается на k непересекающихся частей одинакового размера, после чего производится k итераций обучения модели на $k-1$ частях и тестирование на части, которая не использовалась при обучении. Каждая часть выборки используется в качестве тестовой один раз. Набор из k полученных оценок усредняется. В

нашем случае части формировались из обращений, относящихся к одной и той же категории приложений. Соответственно, в итоге для обучения и проверки использовалось девять частей. Результатом такого способа получения оценок качества является «пессимистическая» оценка: во время обучения модель не имеет доступа к лексике, специфичной для определенной категории, что повышает требования к обобщающей способности модели.

Результаты сравнения двух вариантов модели на основе системы переходов и гибридной модели приведены в *таблице 3*. Значение F-меры для фрагментов считалось усреднением значений F-меры, полученной для каждого из пяти типов фрагментов. Trans-LSTM обладает наилучшей точностью как при извлечении фрагментов ИФ – 67% F1, так и при определении связей между фрагментами – 64,8%. Улучшение качества извлечения относительно базовой модели составляет 2,9% для извлечения фрагментов и 36,2% для определения связей.

Таблица 3.

Результаты сравнения качества моделей

Модель	Фрагменты F1	Связи F1
Базовая	0,651	0,476
Trans-CNN	0,641	0,598
Trans-LSTM	0,670	0,648

Детальное сравнение результатов обучения Trans-LSTM и базовой модели в разрезе каждой катего-

Таблица 4.

Сравнение Trans-LSTM с базовой моделью

Категория	Объект	Положительная оценка	Отрицательная оценка	Ошибка	Запрос на новый функционал	Связь
Авто и транспорт	0,747 (0,730)	0,724 (0,639)	0,548 (0,672)	0,646 (0,678)	0,691 (0,633)	0,676 (0,493)
Персонализация	0,721 (0,684)	0,685 (0,677)	0,602 (0,559)	0,598 (0,625)	0,602 (0,658)	0,633 (0,459)
Музыка и аудио	0,748 (0,667)	0,649 (0,649)	0,624 (0,535)	0,630 (0,594)	0,632 (0,542)	0,603 (0,431)
Карты и навигация	0,656 (0,699)	0,628 (0,665)	0,559 (0,529)	0,711 (0,679)	0,694 (0,481)	0,631 (0,455)
Медицина	0,707 (0,711)	0,713 (0,600)	0,713 (0,637)	0,691 (0,617)	0,673 (0,591)	0,659 (0,490)
Финансы	0,708 (0,706)	0,659 (0,709)	0,615 (0,626)	0,641 (0,623)	0,622 (0,700)	0,682 (0,497)
Шопинг	0,745 (0,715)	0,788 (0,756)	0,697 (0,647)	0,576 (0,685)	0,841 (0,691)	0,689 (0,524)
Образование	0,746 (0,762)	0,695 (0,745)	0,586 (0,623)	0,757 (0,726)	0,812 (0,702)	0,686 (0,511)
Видеоплееры и редакторы	0,677 (0,693)	0,707 (0,685)	0,534 (0,647)	0,608 (0,531)	0,529 (0,565)	0,574 (0,422)
Среднее	0,717 (0,707)	0,694 (0,681)	0,609 (0,608)	0,651 (0,640)	0,677 (0,618)	0,648 (0,476)

рии приведено в *таблице 4*, где число в скобках означает точность альтернативной модели, а жирным выделен лучший результат.

Результаты апробации позволяют говорить о том, что модель показала хорошие результаты при извлечении информативных фраз и может быть использована для решения практических задач.

Заключение

Результаты проведенных экспериментов позволяют говорить о том, что предложенная модель по сравнению с базовой показывает лучшие результаты при решении задачи обработки запросов пользователей. Улучшение относительно базовой модели составляет 2,9% для извлечения фрагментов и 36,2% для определения связей. Качественный анализ полученных результатов говорит о возможности практического применения предложенной модели для обработки запросов пользователей при эксплуатации и сопровождении программных продуктов.

Извлеченная в соответствии с предложенным классификатором информация из запросов пользователей может быть использована:

- ◆ службой поддержки для распределения запросов пользователей, сгруппированных в соответ-

ствии основаниями классификации по специалистам с необходимыми компетенциями, выделения стандартных запросов и автоматического формирования ответов на базе типовых шаблонов;

- ◆ отделом разработки ПП для исправления массовых критических ошибок на основе анализа претензий и предложений пользователей, модификации функциональных и нефункциональных требований, улучшения дизайна, корректировки документации пользователей;

- ◆ отделом маркетинга для постоянного мониторинга на основе анализа негативных и позитивных оценок качества как собственных продуктов, так и продуктов конкурентов, и модификации комплекса маркетинговых мероприятий на основе этой информации.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и образования РФ, проект «Методическое и инструментальное обеспечение принятия решений в задачах управления социально-экономическими системами и процессами в гетерогенной информационной среде». ■

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. М.: Стандартинформ, 2011.
2. Schach S.R. Object-oriented and classical software engineering. N.Y.: McGraw-Hill Education, 2011.
3. Is it a bug or an enhancement? A text-based approach to classify change requests / G. Antoniol [et al.] // Proceedings of the 2008 Conference of the Center for Advanced Studies on Collaborative Research: Meeting of Minds. Ontario, Canada, 27–30 October 2008. P. 304–318. DOI: 10.1145/1463788.1463819.
4. Pagano D., Maalej W. User feedback in the appstore: An empirical study // Proceedings of the 21st IEEE International Requirements Engineering Conference. Rio de Janeiro, Brasil, 15–19 July 2013. P. 125–134. DOI: 10.1109/RE.2013.6636712.
5. Iacob C., Harrison R. Retrieving and analyzing mobile apps feature requests from online reviews // Proceedings of the 10th Working Conference on Mining Software Repositories (MSR 2013). San Francisco, USA, 18–19 May 2013. P. 41–44. DOI: 10.1109/MSR.2013.6624001.
6. SCARE – The sentiment corpus of app reviews with fine-grained annotations in German / M. Sängler [et al.] // Proceedings of the 10th International Conference on Language Resources and Evaluation. Portorož, Slovenia, 23–28 May 2016. P. 1114–1121.
7. Ехлаков Ю.П., Грибков Е.И. Модель извлечения пользовательских мнений о потребительских свойствах товара на основе рекуррентной нейронной сети // Бизнес-информатика. 2018. № 4 (46). С. 7–16. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.4.7.16.
8. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа. Томск: НТЛ, 1997.
9. Dyer C., Kuncoro A., Ballesteros M., Smith N.A. Recurrent neural network grammars // Proceedings of the 15th Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. San Diego, USA, 12–17 June 2016. P. 199–209. DOI: 10.18653/v1/N16-1024.
10. Kiperwasser E., Goldberg Y. Simple and accurate dependency parsing using bidirectional LSTM feature representations // Transactions of the Association for Computational Linguistics. 2016. Vol. 4. P. 313–327. DOI: 10.1162/tacl_a_00101.
11. Neural architectures for named entity recognition / G. Lample [et al.] // Proceedings of the 15th Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. San Diego, USA, 12–17 June 2016. P. 260–270. DOI: 10.18653/v1/N16-1030.

12. Kim Y. Convolutional neural networks for sentence classification // Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). Doha, Qatar, 25–29 October 2014. P. 1746–1751. DOI: 10.3115/v1/D14-1181.
13. Convolutional sequence to sequence learning / J. Gehring [et al.] // Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning (ICML). Sydney, Australia, 6–11 August 2017. Vol. 70. P. 1243–1252.
14. Kalchbrenner N., Grefenstette E., Blunsom P. A convolutional neural network for modelling sentences // Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Baltimore, USA, 22–27 June 2014. P. 655–665. DOI: 10.3115/v1/P14-1062.
15. Huang Z., Xu W., Yu K. Bidirectional LSTM-CRF models for sequence tagging // arXiv.org. [Электронный ресурс]: <https://arxiv.org/abs/1508.01991> (дата обращения 20.01.2020).
16. Ārsoy O., Cardie C. Opinion mining with deep recurrent neural networks // Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). Doha, Qatar, 25–29 October 2014. P. 720–728. DOI: 10.3115/v1/D14-1080.
17. Wang W., Jialin Pan S., Dahlmeier D., Xiao X. Recursive neural conditional random fields for aspect-based sentiment analysis // Proceedings of the 2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). Austin, USA, 1–5 November 2016. P. 616–626. DOI: 10.18653/v1/D16-1059.
18. Maxout networks / I. Goodfellow [et al.] // Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning. Atlanta, USA, 16–21 June 2013. P. 1319–1327.
19. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition // Proceedings of the 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Las-Vegas, USA, 26 June – 1 July 2016. P. 770–778. DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.
20. Graves A., Jaitly N., Mohamed A. Hybrid speech recognition with deep bidirectional LSTM // Proceedings of the 2013 IEEE Workshop on Automatic Speech Recognition and Understanding. Olomouc, Czech Republic, 8–12 December 2013. P. 273–278. DOI: 10.1109/ASRU.2013.6707742.
21. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. 1997. Vol. 9. No 8. P. 1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
22. Chiu J.P.C., Nichols E. Named entity recognition with bidirectional LSTM-CNNs // Transactions of the Association for Computational Linguistics. 2016. No 4. P. 357–370. DOI: 10.1162/tacl_a_00104.
23. Ma X., Hovy E. End-to-end sequence labeling via bi-directional LSTM-CNNs-CRF // Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Berlin, Germany, 7–12 August, 2016. Vol. 1. P. 1064–1074. DOI: 10.18653/v1/P16-1101.
24. Wang Y., Huang M., Zhu X., Zhao L. Attention-based LSTM for aspect-level sentiment classification // Proceedings of the 2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). Austin, USA, 1–5 November 2016. P. 606–615. DOI: 10.18653/v1/D16-1058.
25. Caruana R. Multitask learning: A knowledge-based source of inductive bias // Proceedings of the Tenth International Conference on Machine Learning. Amherst, USA, 27–29 June 1993. P. 41–48. DOI: 10.1016/b978-1-55860-307-3.50012-5.
26. Hashimoto K., Xiong C., Tsuruoka Y., Socher R. A joint many-task model: Growing a neural network for multiple NLP tasks // Proceedings of the 2017 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). Copenhagen, Denmark, 7–11 September 2017. P. 1923–1933. DOI: 10.18653/v1/D17-1206.
27. Learning word vectors for 157 languages / E. Grave [et al.] // Proceedings of the 11th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018). Miyazaki, Japan, 7–12 May 2018. P. 3483–3487.
28. Jebbara S., Cimiano P. Aspect-based relational sentiment analysis using a stacked neural network architecture // Proceedings of the 22nd European Conference on Artificial Intelligence. The Hague, The Netherlands, 29 August – 2 September 2016. P. 1123–1131. DOI: 10.3233/978-1-61499-672-9-1123.

Об авторах

Грибков Егор Игоревич

аспирант, кафедра автоматизации обработки информации,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40;
специалист по машинному обучению, ООО «ТомскСофт»,
634034, г. Томск, ул. Нахимова, д. 8;
E-mail: drnemor@gmail.com

Ехлаков Юрий Поликарпович

доктор технических наук, профессор;
профессор, кафедра автоматизации обработки информации,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40;
E-mail: ure@tusur.ru
ORCID: 0000-0003-1662-4005

Neural network model for user request analysis during software operations and maintenance phase

Egor I. Gribkov^{a,b}

E-mail: drnemor@gmail.com

Yuri P. Yekhlakov^a

E-mail: upe@tusur.ru

^a Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
Address: 40, Prospect Lenina, Tomsk 634050

^b TomskSoft LLC
Address: 8, Nahimova Street, Tomsk 634034

Abstract

This article offers a transition-based neural network model for extracting informative expressions from user request texts. The configuration and transition system that turns the process of informative expression extraction into the execution of a sequence of transitions is described. Prediction of transition sequence is done using a neural network that uses features derived from the configuration. To train and evaluate a proposed model, a corpus of annotated Android mobile application reviews from the Google Play store was created. The training procedure of the model for informative expressions extraction and selected model's hyperparameters are described. An experiment was conducted comparing the proposed model and an alternative model based on a hybrid of convolutional and recurrent neural networks. To compare quality of these two models, the F1 score that aggregates recall and precision of extracted informative expressions was used. The experiment shows that the proposed model extracts expressions of interest better than the alternative: the F1 score for spans extraction increased by 2.9% and the F1 for link extraction increased by 36.2%. A qualitative analysis of extracted expressions indicates that the proposed model is applicable for the task of user request analysis during operation and the maintenance phase of software products.

Key words: natural language processing; software maintenance; machine learning; deep learning; transition-based model.

Citation: Gribkov E.I., Yekhlakov Yu.P. (2020) Neural network model for user request analysis during software operations and maintenance phase. *Business Informatics*, vol. 14, no 1, pp. 7–18. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.7.18

References

1. Standartinform (2011) *GOST R ISO/IEC 12207-2010. Information technology. Systems and software engineering. Software life cycle processes*. Moscow: Standartinform (in Russian).
2. Schach S.R. (2011) *Object-oriented and classical software engineering*. N.Y.: McGraw-Hill Education.
3. Antoniol G., Ayari K., Di Penta M., Khomh F., Guéhéneuc Y.-G. (2008) Is it a bug or an enhancement? A text-based approach to classify change requests. Proceedings of the *2008 Conference of the Center for Advanced Studies on Collaborative Research: Meeting of Minds, Ontario, Canada, 27–30 October, 2008*, pp. 304–318. DOI: 10.1145/1463788.1463819.
4. Pagano D., Maalej W. (2013) User feedback in the appstore: An empirical study. Proceedings of the *21st IEEE International Requirements Engineering Conference. Rio de Janeiro, Brasil, 15–19 July 2013*, pp. 125–134. DOI: 10.1109/RE.2013.6636712.
5. Jacob C., Harrison R. (2013) Retrieving and analyzing mobile apps feature requests from online reviews. Proceedings of the *10th Working Conference on Mining Software Repositories (MSR 2013), San Francisco, USA, 18–19 May 2013*, pp. 41–44. DOI: 10.1109/MSR.2013.6624001.
6. Sängler M., Leser U., Kemmerer S., Adolphs P., Klinger R. (2016) SCARE – The sentiment corpus of app reviews with fine-grained annotations in German. Proceedings of the *10th International Conference on Language Resources and Evaluation. Portorož, Slovenia, 23–28 May 2016*, pp. 1114–1121.
7. Yekhlakov Yu.P., Gribkov E.I. (2018) User opinion extraction model concerning consumer properties of products based on a recurrent neural network. *Business Informatics*, vol. 46, no 4, pp. 7–16. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.4.7.16.
8. Peregudov F.I., Tarasenko F.P. (1997) *Basics of system analysis: guide*. Tomsk: NTL (in Russian).
9. Dyer C., Kuncoro A., Ballesteros M., Smith N.A. (2016) Recurrent neural network grammars. Proceedings of the *15th Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. San Diego, USA, 12–17 June 2016*, pp. 199–209. DOI: 10.18653/v1/N16-1024.

10. Kiperwasser E., Goldberg Y. (2016) Simple and accurate dependency parsing using bidirectional LSTM feature representations. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, vol. 4, pp. 313–327. DOI: 10.1162/tacl_a_00101.
11. Lample G., Ballesteros M., Subramanian S., Kawakami K., Dyer C. (2016) Neural architectures for named entity recognition. Proceedings of the *15th Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, San Diego, USA, 12–17 June 2016*, pp. 260–270. DOI: 10.18653/v1/N16-1030.
12. Kim Y. (2014) Convolutional neural networks for sentence classification. Proceedings of the *2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), Doha, Qatar, 25–29 October 2014*, pp. 1746–1751. DOI: 10.3115/v1/D14-1181.
13. Gehring J., Auli M., Grangier D., Yarats D., Dauphin Y.N. (2017) Convolutional sequence to sequence learning. *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning (ICML), Sydney, Australia, 6–11 August 2017*, vol. 70, pp. 1243–1252.
14. Kalchbrenner N., Grefenstette E., Blunsom P. (2014) A convolutional neural network for modelling sentences. Proceedings of the *52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Baltimore, USA, 22–27 June 2014*, vol. 1, pp. 655–665. DOI: 10.3115/v1/P14-1062.
15. Huang Z., Xu W., Yu K. (2015) Bidirectional LSTM-CRF models for sequence tagging. *arXiv.org*. Available at: <https://arxiv.org/abs/1508.01991> (accessed 20 January 2020).
16. İrsoy O., Cardie C. (2014) Opinion mining with deep recurrent neural networks. Proceedings of the *2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), Doha, Qatar, 25–29 October 2014*, pp. 720–728. DOI: 10.3115/v1/D14-1080.
17. Wang W., Jialin Pan S., Dahlmeier D., Xiao X. (2016) Recursive Neural Conditional Random Fields for Aspect-based Sentiment Analysis. Proceedings of the *2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), Austin, USA, 1–5 November 2016*, pp. 616–626. DOI: 10.18653/v1/D16-1059.
18. Goodfellow I., Warde-Farley D., Mirza M., Courville A., Bengio Y. (2013) Maxout networks. Proceedings of the *30th International Conference on Machine Learning, Atlanta, USA, 16–21 June 2013*, pp. 1319–1327.
19. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. (2016) Deep residual learning for image recognition. Proceedings of the *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas, USA, 26 June – 1 July 2016*, pp. 770–778. DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.
20. Graves A., Jaitly N., Mohamed A. (2013) Hybrid speech recognition with deep bidirectional LSTM. Proceedings of the *2013 IEEE Workshop on Automatic Speech Recognition and Understanding, Olomouc, Czech Republic, 8–12 December, 2013*, pp. 273–278. DOI: 10.1109/ASRU.2013.6707742.
21. Hochreiter S., Schmidhuber J. (1997) Long short-term memory. *Neural Computation*, vol. 9, no 8, pp. 1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
22. Chiu J. P.C., Nichols E. (2016) Named entity recognition with bidirectional LSTM-CNNs. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, no 4, pp. 357–370. DOI: 10.1162/tacl_a_00104.
23. Ma X., Hovy E. (2016) End-to-end sequence labeling via bi-directional LSTM-CNNs-CRF. Proceedings of the *54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Berlin, Germany, 7–12 August 2016*, pp. 1064–1074. DOI: 10.18653/v1/P16-1101.
24. Wang Y., Huang M., Zhu X., Zhao L. (2016) Attention-based LSTM for aspect-level sentiment classification. Proceedings of the *2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), Austin, USA, 1–5 November 2016*, pp. 606–615. DOI: 10.18653/v1/D16-1058.
25. Caruana R. (1993) Multitask learning: A knowledge-based source of inductive bias. Proceedings of the *10th International Conference on International Conference on Machine Learning, Amherst, USA, 27–29 June 1993*, pp. 41–48. DOI: 10.1016/b978-1-55860-307-3.50012-5.
26. Hashimoto K., Xiong C., Tsuruoka Y., Socher R. (2017) A joint many-task model: Growing a neural network for multiple NLP tasks. Proceedings of the *2017 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), Copenhagen, Denmark, 7–11 September 2017*, pp. 1923–1933. DOI: 10.18653/v1/D17-1206.
27. Grave E., Bojanowski P., Gupta P., Joulin A., Mikolov T. (2018) Learning word vectors for 157 languages. *Proceedings of the 11th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018), Miyazaki, Japan, 7– 12 May 2018*, pp. 3483–3487.
28. Jebbara S., Cimiano P. (2016) Aspect-based relational sentiment analysis using a stacked neural network architecture. Proceedings of the *22nd European Conference on Artificial Intelligence, The Hague, The Netherlands, 29 August – 2 September, 2016*, pp. 1123–1131. DOI: 10.3233/978-1-61499-672-9-1123.

About the authors

Egor I. Gribkov

Doctoral Student, Department of Data Processing Automation, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, Prospect Lenina, Tomsk 634050, Russia;

Machine Learning Engineer, TomskSoft LLC, 8, Nahimova Street, Tomsk 634034, Russia;

E-mail: drmemor@gmail.com

Yuri P. Yekhlakov

Dr. Sci. (Tech.), Professor;

Professor, Department of Data Processing Automation, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, Prospect Lenina, Tomsk 634050, Russia;

E-mail: upe@tusur.ru

ORCID: 0000-0003-1662-4005

Анализ клинических путей пациентов в медицинских учреждениях на основе методов жесткой и нечеткой кластеризации

Е.С. Прокофьева^a 

E-mail: prokofyeva.liza@gmail.com

Р.Д. Зайцев^b 

E-mail: Roman.Zaitsev@fors.ru

^a Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

^b ГК «ФОРС»
Адрес: 129272, Москва, ул. Трифоновский тупик, д. 3

Аннотация

Моделирование процессов в системе здравоохранения играет большую роль для понимания ее деятельности и служит основой для повышения эффективности работы медицинских учреждений. Задачи анализа и моделирования больших массивов данных городского здравоохранения с помощью методов машинного обучения представляют особую значимость и актуальность для развития отраслевых решений в рамках цифровизации экономики, где данные являются ключевым фактором производства. В статье рассматривается проблема автоматического анализа и определения групп клинических путей пациентов на основе методов кластеризации. Существующие в данной области работы отражают большой интерес со стороны научного сообщества к подобным исследованиям, однако имеется необходимость развития ряда методологических подходов для дальнейшего их практического применения в городских поликлинических учреждениях с учетом специфики их организации. Целью исследования является повышение качества управления и сегментации входного потока пациентов в городских медицинских учреждениях на основе методов кластерного анализа для дальнейшей разработки рекомендательных сервисов. Одним из подходов для достижения поставленной цели является разработка и внедрение клинических путей, или траекторий движения пациентов. В общем виде под клиническим путем пациента понимается траектория его движения при получении медицинской услуги в соответствующих учреждениях. Представлен подход формирования групп маршрутов пациентов при помощи иерхического агломеративного алгоритма с методом связи Уорда и аддитивной регуляризацией тематических моделей (ARTM). Проведен вычислительный эксперимент на основе данных о маршрутах пациентов с диагнозом сепсис, размещенных в открытом доступе. Особенностью предлагаемого подхода является не только автоматизация определения схожих групп траекторий пациентов, но и учет шаблонов клинических путей для формирования рекомендаций в области организации структуры медицинского учреждения. В результате сформированный подход сегментации входного гетерогенного потока пациентов в городских медицинских учреждениях на основе кластеризации состоит из следующих шагов: 1) подготовка данных медицинского учреждения в формате журнала событий; 2) кодирование маршрутов пациентов; 3) определение верхнего предела длины рассматриваемого пути; 4) иерархическая агломеративная кластеризация; 5) аддитивная регуляризация тематических моделей (ARTM); 6) выявление популярных шаблонов

маршрутов пациентов. Полученные кластеры маршрутов служат основой для дальнейшей разработки имитационной модели медицинского учреждения и предоставления рекомендаций пациентам. Кроме того, эти группы могут быть положены в основу разработки системы «Robotic process automation» (RPA), симулирующей действия человека и позволяющей автоматизировать интерпретацию данных для управления ресурсами учреждения.

Ключевые слова: кластерный анализ; данные; иерархическая кластеризация; тематическое моделирование; коэффициент силуэта; здравоохранение; клинические пути; интеллектуальный анализ процессов.

Цитирование: Прокофьева Е.С., Зайцев Р.Д. Анализ клинических путей пациентов в медицинских учреждениях на основе методов жесткой и нечеткой кластеризации // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 1. С. 19–31. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.19.31

Введение

Стремительно развивающиеся технологии анализа данных играют огромную роль в здравоохранении. Существующий уровень автоматизации медицинского обслуживания позволяет обрабатывать большие массивы информации и использовать накопленные данные для решения оптимизационных задач. Медицинские учреждения располагают данными о приемах, однако традиционный подход документирования посещений не позволяет сформировать полную картину основных траекторий пациентов и проводить их автоматический анализ.

Важной областью технологий обработки данных в здравоохранении является оптимизация работы медицинских учреждений: эффективный график работы медицинского персонала, прогнозирование потока пациентов, планирование и распределение ресурсов, сокращение очередей и т.д. Современные аналитические технологии позволяют разрабатывать инструменты для принятия решений, в основе которых лежат эмпирические данные. Например, агрегированные данные фактических перемещений пациентов между медицинскими учреждениями и специалистами в рамках этих учреждений позволяют планировать загруженность ресурсов, обеспечивать высокий уровень доступности услуг и оптимизировать работу организации, исходя из реального спроса на эти услуги. На основе таких данных активно развиваются информационные системы управления потоками пациентов [1, 2].

Разработка и внедрение клинических путей (clinical pathways), или траекторий движения пациентов, является важным инструментом в управлении здравоохранением. В общем виде под клиническим путем пациента понимается траектория его движения при получении медицинской услуги в соответствующих

учреждениях. Согласно источнику [3], клинические пути стали рассматриваться на международном уровне с 1980-х годов. Данная методология была представлена в медицинских учреждениях Швеции в середине 1990-х. В США, по оценкам источника [3], примерно 80% больниц использовали клинические пути для повышения качества оказываемой помощи.

В исследовании [4] авторы описали клинический путь как план, «отображающий цели для пациентов и определяющий последовательность и время действий, необходимых для достижения этих целей с оптимальной эффективностью».

Согласно источникам [5, 6], разработанные клинические пути интегрировались в электронный документооборот медицинских учреждений. Однако стремительный рост массивов доступных данных, включая изображения в цифровом виде, выявил необходимость автоматического определения клинического пути пациента на основе этих данных. Решением для автоматического выявления персонального клинического пути стали технологии интеллектуального анализа процессов [7, 8], интеллектуального анализа данных [9], алгоритмов машинного обучения [10, 11] и другие.

Существуют различные определения клинического пути. Например, согласно [12], клинический путь может быть определен как структурированный план ухода с указанными основными этапами и сроками лечения пациентов. Важно отметить, что каждая траектория пациента уникальна и соответствует его истории болезни [12]. Клинический путь может включать в себя цепочку соответствующих профилю медицинского учреждения событий: первичную запись на прием к терапевту, лабораторные исследования, получение консультации узкопрофильного специалиста и другие. В работе [13] указано, что выявление шаблонов клинических путей

позволяет потенциально дополнить информацию о намерениях и поведении пациента и также может служить базисом для дальнейшего анализа перемещений пациентов.

В данной статье для решения задачи автоматического анализа и сегментирования клинических путей пациентов рассмотрены методы жесткой и нечеткой кластеризации для повышения стандартизации управления и дальнейшего решения оптимизационных задач развития сервисов для пациентов.

Статья имеет следующую структуру. В разделе 1 приведены существующие подходы к моделированию клинических путей пациента. Раздел 2 содержит формальные определения, общепринятые для моделирования клинических путей, и методологию их кластерного анализа. Вычислительный эксперимент на примере открытых данных больницы и его результаты описаны в разделе 3. В Заключение перечислены тренды и направления дальнейшей работы.

1. Существующие подходы к моделированию клинических путей пациентов

Множество работ [14–18] посвящено исследованию и анализу клинических путей на основе исходных данных медицинского учреждения. Для моделирования клинических путей пациентов может быть применена методологическая база теории вероятностей, математической статистики, интеллектуального анализа данных, теории графов, семантических технологий, интеллектуального анализа процессов и т.п.

В исследовании [14] авторы отметили важность разработки адаптивного подхода при моделировании клинических путей в связи с высокой вариативностью траекторий пациентов и их индивидуальными характеристиками. На основании предложенных графов последовательностей и методов интеллектуального анализа данных (data mining) выделяются шаблоны, или паттерны клинических путей пациентов с инсультом, для прогнозирования траекторий новых пациентов.

Полумарковская модель индивидуальной траектории пациента в клинике семейной практики представлена в работе [15]. Схема общего потока пациентов в этой клинике представлена ориентированным графом, вершинами которого являются кабинеты и отделения клиники, а ребра соответствуют направлению движения анализируемого потока. Данная модель позволяет прогнозировать продолжительность

обслуживания пациента, однако такие параметры, как время ожидания в очереди и длина очереди, для анализа недоступны.

Моделирование траекторий пациентов в виде цепей Маркова в работе [16] позволило выявить типичные клинические пути при прогрессировании заболевания и визуализировать их. Благодаря способности Марковских цепей учитывать вложенные модели, в работе [16] клинических путей представлен в виде четырех уровней агрегации. По мнению авторов работы [12], вложенная конструкция позволяет упростить модель клинического пути и выделить наиболее важные закономерности процесса. Однако в качестве основного недостатка цепи Маркова для моделирования клинического пути авторы исследования выделяют ограниченное количество состояний системы.

Впервые метод вероятностного тематического моделирования, в частности модель латентного размещения Дирихле (latent Dirichlet allocation, LDA), был адаптирован для моделирования клинических путей пациентов в исследовании [13], авторы которого предположили, что LDA позволит представить скрытые паттерны лечения пациентов как вероятностные комбинации исходных событий из журнала событий (*рисунок 1*). Латентное распределение Дирихле является порождающей иерархической вероятностной моделью, описанной в 2003 году в исследовании [17] и изначально разработанной для характеристики текстовых документов. Параметры данной модели генерируются из априорного распределения Дирихле, а для обучения модели применяются методы байесовского подхода [17]. Документ в модели LDA представлен распределением по скрытым (латентным) темам, каждая из которых характеризуется распределением по словам. В рамках данного исследования предлагается темы или паттерны полученных тематических моделей называть шаблонами клинических путей.

Особое место среди методов моделирования клинических путей пациентов занимает применение интеллектуального анализа процессов (process mining). Благодаря данному подходу, разработка модели процессов основана на исходных данных о реальном поведении пациентов, их маршрутах и основных характеристиках, влияющих на выбор той или иной траектории. Целью интеллектуального анализа процессов является извлечение новой информации о процессах из журналов событий (логов). Таким образом, интеллектуальный анализ процессов как дисциплина лежит на стыке машинного обучения, ин-

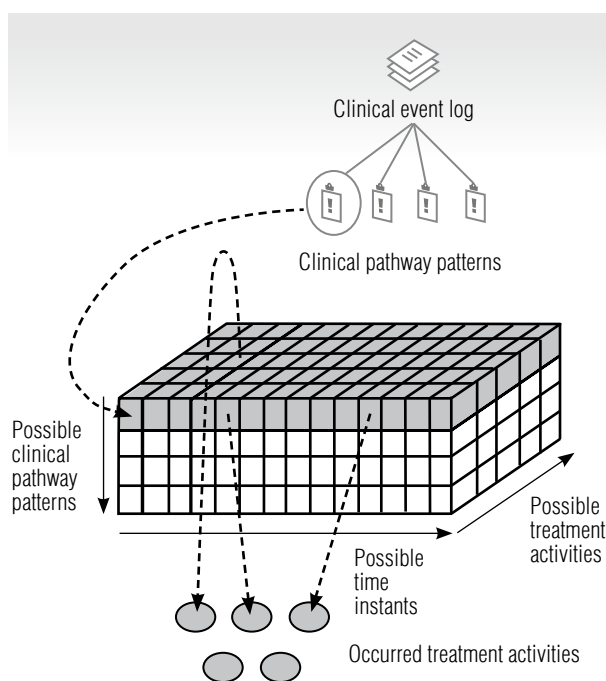


Рис. 1. Исследование шаблонов клинических путей на основе вероятностного тематического моделирования [13]

теллектуального анализа данных и моделирования процессов. Основные положения этой дисциплины изложены в работах [19–22].

Ряд исследований посвящен разработке собственных алгоритмов анализа процессов: например, алгоритма eMotivia для анализа перемещений девяти пациентов в течение 25 недель [23]. Подробный перечень алгоритмов интеллектуального анализа процессов в здравоохранении приведен в работе [7], основанной на обзоре 74 исследований в данной области. Важно отметить, что результаты применения технологий анализа процессов позволяют объективно оценить прошлое и текущее движение потока пациентов, однако для детального изучения поведения системы и проведения экспериментальной части по ее совершенствованию необходима разработка имитационной модели [12, 20, 24].

2. Методы кластерного анализа клинических путей пациентов

2.1. Термины и определения

Характерная структура клинических путей позволяет применять методы кластерного анализа временных рядов. Это обусловлено тем, что ряды, которыми выражены клинические пути, могут иметь как категориальную, так и численную природу. Од-

ним из способов значительно повысить точность разрабатываемой модели является сегментация исходной выборки на подгруппы схожих друг с другом объектов и построения в дальнейшем отдельных «персонализированных» моделей для каждой из выделенных групп. Исследование направлено на определение таких групп, или кластеров, клинических путей на основе журналов событий медицинских учреждений.

Введем формальные определения, общепринятые для моделирования клинических путей [12–14]. Пусть E – множество всех действительных событий исследуемой области, которые произошли во время процесса медицинского обслуживания: $E \subseteq A \times T$, где A – конечный набор идентификаторов событий, T – множество атрибутов времени. Тогда событие – это пара $e = (a, t)$, где $a \in A$ и $t \in T$. Для обозначения типа активности и отметки времени наступления клинического события используются $e \cdot a$ и $e \cdot t$. Важно отметить, что при моделировании клинических путей каждое событие уникально определено комбинацией его атрибутов. Маршрут σ – событийная цепочка пациента, непустая последовательность событий клинического пути: $\sigma = \langle e_1, e_2, \dots, e_n \rangle$, где $e_i \in E$ ($1 \leq i \leq n$), $n \in \mathbb{N}$ – длина маршрута пациента. Множество всех маршрутов над E обозначается E^* . Журнал событий L представляет собой непустое множество маршрутов пациентов над E^* : $L = \{\sigma_1, \dots, \sigma_m\}$, где $\sigma_i \in E^*$ ($1 \leq i \leq m$), $m \in \mathbb{N}$.

В рамках данной терминологии теории интеллектуального анализа процессов, адаптированной для моделирования клинических путей пациентов, можно привести следующие примеры соответствия определений:

- ◆ маршрут σ_i – пациент, прикрепленный к анализируемой поликлинике;
- ◆ событие e_i – посещение терапевта для первичной консультации;
- ◆ атрибут a_i – характеристика пациента (пол, возраст, диагноз и т.п.);
- ◆ журнал событий L – исходная база данных медицинского учреждения.

Структура журнала событий L предполагает наличие следующих атрибутов [22]:

- ◆ идентификатор (patient_id): хранит объекты, для которых выстраиваются последовательности событий;
- ◆ деятельность (activity_name): хранит действия, выполняемые в рамках событий журнала;

♦ отметка времени (timestamp): хранит дату и время регистрации событий журнала, например, время посещения терапевта;

♦ ресурс (resource): хранит основных действующих лиц событий журнала (тех, кто выполняет действия в рамках событий журнала). В контексте исследования ресурс может быть представлен медицинским специалистом или оборудованием для проведения исследований;

♦ прочее (other data): остальные данные, которые потенциально полезны для моделирования процессов медицинского учреждения.

2.2. Жесткая кластеризация

Существуют разные системы кодирования маршрутов пациентов. Например, в исследовании [25] авторы используют буквенно-цифровые символы для обозначения активностей клинического пути (могут включать диагнозы, процедуры, анализы и схемы лечения) по стандарту Unicode. Таким образом, авторы указывают на возможность закодировать 65 536 активностей клинического пути.

Выбор системы кодирования зависит от максимального количества активностей журнала событий медицинского учреждения. В данной работе на начальном этапе все маршруты пациентов кодируются путем замены событий на буквы английского алфавита по порядку, поскольку в исходном наборе данных для экспериментальной части представлено 16 видов активностей: ER Registration, ER Triage, IV Liquid, IV Antibiotics, CRP, Admission IC, ER Sepsis Triage, Leucocytes, Lactic Acid, Admission NC, Release A, Release B, Release C, Release D, Release E, Return ER.

В контексте данного исследования, верхний предел длины рассматриваемого пути полагался равным 26 событиям: $Q50 + 3 \cdot (Q75 - Q50)$, где $Q50$ – медиана, а $Q75$ соответствует 75% квантили. Соответственно, аномально длинными считаются пути, содержащие более 26 событий. После анализа распределения длин клинических путей журнала событий аномально длинные пути были исключены из анализа для повышения качества кластеризации.

Для построения кластеризационной модели сравнивались два метода – k -medoids (более устойчивая к выбросам разновидность алгоритма k -means) [26] и иерархический агломеративный алгоритм с типом связи Уорда [27]. Метод Уорда основан на методах дисперсионного анализа для оценки расстоя-

ний между группами объектов и, наряду с методом полной связи (complete linkage), приводит к образованию небольших компактных кластеров. Метод применим для задач более дробной классификации объектов с близко расположенными кластерами [29]. Каждый объект выборки в методе Уорда изначально рассматривается как отдельный кластер [30]. На следующем шаге итерации алгоритма объединяются наиболее близкие кластеры, расстояние между которыми измеряется следующей формулой:

$$\Delta(A, B) = \sum_{i \in A \cup B} \|\bar{x}_i - \bar{m}_{A \cup B}\|^2 - \sum_{i \in A} \|\bar{x}_i - \bar{m}_A\|^2 - \sum_{i \in B} \|\bar{x}_i - \bar{m}_B\|^2 = \frac{n_A n_B}{n_A + n_B} \|\bar{m}_A - \bar{m}_B\|^2, \quad (1)$$

где A, B – объединяемые кластеры;

\bar{x}_i – объект кластера;

$\bar{m}_{A \cup B}$ – центр объединенного кластера AB ;

\bar{m}_A – центр кластера A ;

\bar{m}_B – центр кластера B ;

n_A – количество объектов в кластере A ;

n_B – количество объектов в кластере B .

На основе результатов решения задачи выявления наиболее характерно выделенных кластеров, описанной далее в этом разделе, был выбран алгоритм Уорда.

На следующем этапе была построена матрица расстояний между клиническими путями на основе ограниченного расстояния Дамерау–Левенштейна [31] – меры разницы двух строк символов, определяемой как минимальное количество операций вставки, удаления, замены и перестановки соседних символов, необходимых для перевода одной строки в другую.

Для оценки расстояния Дамерау–Левенштейна между двумя строками a и b определяется функция $d_{a,b}(|a|, |b|)$ [31]:

$$d_{a,b}(i, j) = \begin{cases} \max(i, j) & \text{если } \min(i, j) = 0, \\ \min \begin{cases} d_{a,b}(i-1, j) + 1 \\ d_{a,b}(i, j-1) + 1 \\ d_{a,b}(i-1, j-1) + 1_{(a_i \neq b_j)} \end{cases} & \text{если } i, j > 1, \\ & a_i = b_{j-1} \text{ и } a_{i-1} = b_j, \\ d_{a,b}(i-2, j-2) + 1 & \\ \min \begin{cases} d_{a,b}(i-1, j) + 1 \\ d_{a,b}(i, j-1) + 1 \\ d_{a,b}(i-1, j-1) + 1_{(a_i \neq b_j)} \end{cases} & \text{иначе,} \end{cases} \quad (2)$$

где $1_{(a_i \neq b_j)}$ – индикаторная функция, равная единице при $a_i \neq b_j$ и нулю в противном случае. При этом каждый рекурсивный вызов соответствует одному из следующих случаев:

$d_{a,b}(i-1, j) + 1$ – соответствует удалению символа (из a в b),

$d_{a,b}(i, j-1) + 1$ – соответствует вставке (из a в b),

$d_{a,b}(i-1, j-1) + 1_{(a_i \neq b_j)}$ – соответствие или несоответствие, в зависимости от символов,

$d_{a,b}(i-2, j-2) + 1$ – в случае перестановки двух последовательных символов.

Для оценки оптимального количества кластеров применялся коэффициент силуэта (silhouette) [32]. Этот коэффициент основан на идее определения близости каждого исследуемого объекта к своему кластеру. Предположим, что расстояние d на кластеризуемом множестве задано, и с помощью какого-либо метода получена кластеризационная модель. Пусть для каждого объекта выборки i , принадлежащего кластеру C_i , величина $a(i)$ равна среднему расстоянию от i до каждого из объектов j того же кластера:

$$a(i) = \frac{1}{|C_i|} \sum_{j \in C_i, j \neq i} d(i, j), \quad (3)$$

Эта величина косвенно показывает, насколько объект i схож со своим кластером. Далее, назовем кластер C' из множества всех кластеров C соседним для точки i , если

$$C' = \arg \min_{C_k \in C \setminus C_i} \left(\frac{1}{|C_k|} \sum_{j \in C_k} d(i, j) \right). \quad (4)$$

Обозначим среднее расстояние от точки i до соседнего кластера как $b(i)$:

$$b(i) = \frac{1}{|C'|} \sum_{j \in C'} d(i, j). \quad (5)$$

Тогда коэффициент силуэта объекта i в полученной модели определяется следующим образом:

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i); b(i)\}}. \quad (6)$$

Видно, что для каждого объекта он изменяется в диапазоне $[-1; 1]$ и показывает, насколько элемент ближе к своему кластеру, чем к ближайшему соседнему. Путем усреднения коэффициентов силуэта элементов можно получить силуэты отдельных кластеров

$$s(C_k) = \frac{1}{|C_k|} \sum_{j \in C_k} s(j) \quad (7)$$

и общий силуэт кластеризационной модели

$$s(C) = \frac{1}{|C|} \sum_{C_k \in C} s(C_k). \quad (8)$$

Наибольший коэффициент силуэта среди кластеризационных моделей, полученных с применением одинакового расстояния d , может быть использован как критерий оптимальности для выбора предпочтительного количества кластеров N и предпочтительного алгоритма кластеризации. Поскольку результаты кластерного анализа должны быть хорошо интерпретируемыми, необходимо выбрать модель, содержащие кластеры с наибольшим силуэтом. Пусть $K_i = \{C_1^i, C_2^i, \dots, C_{N_i}^i\}$ – кластеризационная модель, разделяющая выборку на N_i кластеров, а C_{\max}^i – кластер с наибольшим силуэтом среди всех кластеров i -й кластеризационной модели:

$$C_{\max}^i = \operatorname{argmax}_{C_j^i \in K_i} (s(C_j^i)), j \in 1 \dots N_i. \quad (9)$$

Тогда необходимо найти модель, которая содержит кластер с наибольшим силуэтом среди всех моделей K :

$$K_{opt} = \operatorname{argmax}_{K_i \in K} (C_{\max}^i). \quad (10)$$

2.3. Нечеткая кластеризация

Вероятностная нечеткая, или перекрывающаяся, кластеризация маршрутов пациентов по группам клинических паттернов позволяет разработать более гибкий подход при описании общего потока пациентов, где каждый объект выборки относится к кластеру с определенным весом или вероятностью. Применение этого подхода основано на тематическом моделировании, изначально разработанном для определения тематик коллекции текстовых документов. В терминах тематического моделирования события пациента в ходе медицинского обслуживания соотносятся со словами модели. Маршрут пациента представлен последовательностью таких событий аналогично документу со словами. Таким образом, обнаруженные алгоритмом скрытые темы интерпретируются как шаблоны, или паттерны, клинических путей пациента [13].

Согласно исследованию [13], применение метода LDA позволяет для каждого пациента выбрать набор паттернов клинических путей с разными акцентами на значимость этих паттернов. Таким образом, мы моделируем смесь шаблонов маршрутов как полиномиальное распределение вероятности

по клинического пути шаблону z . Аналогично важность каждого клинического действия a при каждом шаблоне моделируется как полиномиальное распределение вероятностей $P(a|\sigma)$ по активностям пациента. Эти два распределения позволяют вычислить вероятность возникновения отдельной клинической активности у пациента:

$$P(a|\sigma) = \sum_{z=1}^k P(a|z)P(z|\sigma). \quad (11)$$

В вероятностных порождающих моделях (таких, как, например, LDA) имеющиеся данные рассматриваются как результат порождающего процесса, включающего скрытые переменные [33]. В данной работе также отмечается, что порождающий процесс определяет совместное распределение вероятностей по наблюдаемым и скрытым случайным величинам. В результате это совместное распределение используется для вычисления условной вероятности скрытых переменных при наблюдаемых или апостериорной вероятностях. Выбор вероятностного подхода к моделированию обусловлен сложностью медицинских процессов и высокой вариабельностью поведения пациентов в ходе лечения.

Применение метода LDA позволяет каждому пациенту выбрать набор паттернов клинического пути с различным акцентом на значимость этих паттернов. Однако LDA выбирает одно из возможных решений, не предоставляя исследователю возможности сравнить и выбрать лучшее решение для конкретной задачи. В связи с этим ограничением был разработан альтернативный подход аддитивной регуляризации тематических моделей (ARTM), приводящей к модульности технологии тематического моделирования [34]. В данной работе для определения групп клинических путей применялась библиотека BigARTM, в основе которой лежит аддитивная регуляризация. В качестве регуляризаторов были выбраны:

- ◆ декоррелирование распределений терминов в темах для того, чтобы повысить различность этих тем;
- ◆ сглаживание распределений тем в документах;
- ◆ сглаживание распределений терминов в темах;
- ◆ разреживание распределений терминов в темах;
- ◆ разреживание распределений тем в документах.

Для оценки качества моделирования и определения оптимального количества тем используется перплексия — одна из реализованных в библиотеке BigARTM метрик. В контексте данного исследования перплексия определяет количество основных паттернов пациента в логге медицинского учреждения [13]:

$$P = \left[\exp - \frac{\sum_{\sigma \in L} \log P(e_\sigma | M)}{\sum_{\sigma \in L} |\sigma|} \right]. \quad (12)$$

где M — модель;

e_σ — множество скрытых событий в маршруте пациента σ .

3. Вычислительный эксперимент

В качестве примера рассмотрен журнал событий голландской больницы, размещенный в открытом доступе. Журнал событий содержит 1143 маршрутов пациентов и 150291 событие. Выбор источника обусловлен тем, что базы содержат полную и открытую информацию, необходимую для исследовательских задач в области здравоохранения.

После отбрасывания anomalно длинных путей верхний предел длины рассматриваемого пути полагался равным 26 событиям: $Q50 + 3 \cdot (Q75 - Q50)$, где $Q50$ — медиана, а $Q75$ соответствует 75% квантилю. Для анализа данных был выбран язык программирования R. Этот язык хорошо подходит для исследовательских задач, поскольку содержит богатую библиотеку пакетов для различных сценариев [28]. Применение языка R также помогает визуализировать данные для понимания общей картины изучаемой предметной области [28]. С помощью пакета Stringdist матрица расстояний была построена методом Оса (мера расстояния Дамерау—Левенштейна).

Для поиска модели, в которой находится кластер с максимальным коэффициентом силуэта, сравнивались метод Уорда и k -medoids (рисунки 2), где по оси X расположены кластеры, по оси Y — значения силуэта.

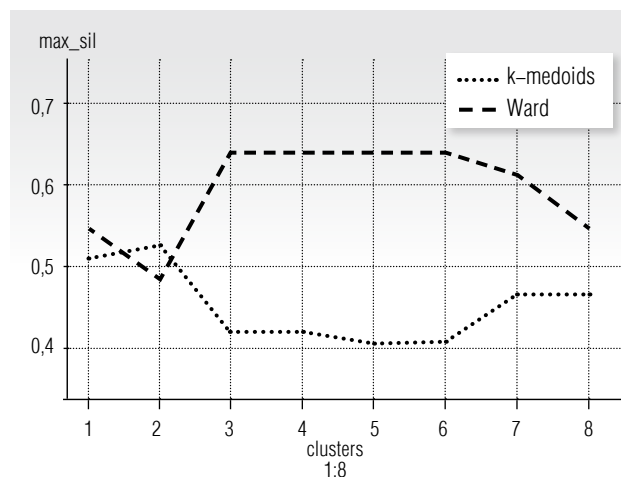


Рис. 2. Зависимость максимального коэффициента силуэта в модели от количества кластеров для методов k -medoids и Уорда

В соответствии с проведенным анализом значений коэффициента был выбран метод Уорда и были выявлены тенденции полученных групп (рисунок 2). Кластеры с низким значением были исключены (рисунок 3), таким образом, в результате экспериментов были выбраны кластеры 5 и 6 с наибольшим коэффициентом силуэта (таблица 1).

Таблица 1.

Значения коэффициента силуэта для кластеров

Номер кластера	Количество объектов	Значение коэффициента силуэта
1	118	0,02
2	239	-0,02
3	193	0,002
4	228	-0,05
5	79	0,29
6	118	0,64



Рис. 3. Коэффициенты силуэта шести результирующих кластеров

С помощью открытого и бесплатного пакета ProcessmapR¹ была построена карта процессов исходного датасета, однако без предварительного разделения маршрутов на кластеры сложно интерпретировать полученные клинические пути.

После определения оптимального количества кластеров были отдельно сформированы процессные карты для полученных групп. Например, на процессной карте для кластера 5 (рисунок 4) в качестве узлов графа обозначены основные этапы клинического пути пациентов с диагнозом сепсис: старт, регистрация в соответствующем подразделении, прием антибиотиков и т.д. Дуги графа отображают переходы пациентов по этим этапам лечения, числа на дугах соответствуют количеству человек, совершающих данный переход между узлами. Более значимые траектории пациентов отмечены более широкими дугами. Таким образом, процессная карта позволяет быстро оценить наиболее загруженные маршруты медицинского учреждения. Кроме того, подобные карты могут быть интерпретированы медицинскими специалистами в разрезе сравнения их с принятыми медицинскими стандартами для выявления перегруженных ресурсных единиц и дальнейшей реорганизации процесса обслуживания.

Следующим этапом была нечеткая, или «мягкая», кластеризация исходных данных методами тематического моделирования, при которой путь пациента может относиться к нескольким шаблонам (кластерам-темам) с различными вероятностями. Латентное размещение Дирихле (latent Dirichlet allocation, LDA) [17] используется в работах по определению кластеров клинических путей [13, 32] и считается одним из стандартных методов тематического моделирования. При построении такой тематической модели возникает бесконечно много решений, ведущих к неустойчивости и плохой интерпретируемости тем [34]. Для решения подобных проблем с выбором наилучшего решения задаются дополнительные регуляризаторы, или критерии оптимальности [34]. Таким образом, возникла необходимость в разработке нового многокритериального подхода – аддитивной регуляризации тематических моделей (ARTM), предложенного в работе [34].

Применение этого более гибкого подхода для кластеризации клинических путей пациентов в исследованиях ранее не рассматривалось. В данной статье использовалась библиотека с открытым кодом BigARTM в Python, в основе которой лежит аддитивная регуляризация. Данные были преобразованы в Wowpal Wabbit формат, который принимает входные данные в определенной структуре: метка | A feature1: значение1 | B feature2: значение2. Этот формат адап-

¹ <https://cran.r-project.org/web/packages/processmapR/processmapR.pdf>

любого журнала событий, определить узкие места системы и визуализировать процессные карты деятельности медицинского учреждения.

Представленные подходы сегментации входного гетерогенного потока служат фундаментом для дальнейшей разработки имитационной модели медицинского учреждения и предоставления рекомендательных сервисов пациентам, например, чат-ботов

на сайтах поликлиники по оказанию консалтинговых услуг.

Медицинские учреждения, которые первыми внедряют эти технологии, безусловно, будут иметь конкурентное преимущество. В свою очередь, руководители и другие заинтересованные стороны смогут получить доступ к полным сведениям, что позволит им принимать более обоснованные решения. ■

Литература

1. Илюшин Г.Я., Лиманский В.И. Построение системы управления потоками пациентов // Системы и средства информатики. 2015. Т. 25. № 1. С. 186–197.
2. Азанов В.Г. Структурно-функциональная модель управления потоками пациентов // Системы и средства информатики. 2016. Т. 26. № 1. С. 13–29.
3. What is a clinical pathway? Development of a definition to inform the debate / L. Kinsman [et al.] // BMC Medicine. 2010. Vol. 8. No 31. DOI: 10.1186/1741-7015-8-31.
4. Pearson S.D., Goulart-Fisher D., Lee T.H. Critical pathways as a strategy for improving care: Problems and potential // Annals of Internal Medicine. 1995. Vol. 123. No 12. P. 941–948.
5. Wakamiya S., Yamauchi K. What are the standard functions of electronic clinical pathways? // International Journal of Medical Informatics. 2009. Vol. 78. No 8. P. 543–550. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2009.03.003.
6. Medical guidelines presentation and comparing with electronic health record / A. Vesely [et al.] // International Journal of Medical Informatics. 2006. Vol. 75. No 3–4. P. 240–245. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2005.07.016.
7. Rojas E., Munoz-Gama J., Sepúlveda M., Capurro D. Process mining in healthcare: A literature review // Journal of Biomedical Informatics. 2016. No 61. P. 224–236. DOI: 10.1016/j.jbi.2016.04.007.
8. Huang Z., Lu X., Duan H. On mining clinical pathway patterns from medical behaviors // Artificial Intelligence in Medicine. 2012. Vol. 56. No 1. P. 35–50. DOI: 10.1016/j.artmed.2012.06.002.
9. Rakocevic G., Djukic T., Filipovic N., Milutinovic V. Computational medicine in data mining and modeling. N.Y.: Springer, 2013. DOI: 10.1007/978-1-4614-8785-2.
10. Ahmad M. A., Teredesai A., Eckert C. Interpretable machine learning in healthcare // Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI). New York, NY, USA, 4–7 June 2018. P. 447–447. DOI: 10.1109/ICHI.2018.00095.
11. Clinical pathways: effects on professional practice, patient outcomes, length of stay and hospital costs: Cochrane database of systematic reviews and meta-analysis / T. Rotter [et al.] // Evaluation & the Health Professions. 2010. Vol. 35. No 1. P. 3–27. DOI: 10.1177/0163278711407313.
12. Prodel M. Process discovery, analysis and simulation of clinical pathways using health-care data / Université de Lyon, 2017. [Электронный ресурс]: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01665163/document> (дата обращения 25.11.2019).
13. Discovery of clinical pathway patterns from event logs using probabilistic topic models / Z. Huang [et al.] // Journal of Biomedical Informatics. 2014. No 47. P. 39–57. DOI: 10.1016/j.jbi.2013.09.003.
14. Lin F., Chou S., Pan S., Chen Y. Mining time dependency patterns in clinical pathways // International Journal of Medical Informatics. 2001. Vol. 62. No 1. P. 11–25. DOI: 10.1016/S1386-5056(01)00126-5.
15. Cote M.J., Stein W.E. A stochastic model for a visit to the doctor's office // Mathematical and Computer Modelling. 2007. Vol. 45. No 3–4. P. 309–323. DOI: 10.1016/j.mcm.2006.03.022.
16. Zhang Y., Padman R., Patel N. Paving the cowpath: Learning and visualizing clinical pathways from electronic health record data // Journal of Biomedical Informatics. 2015. No 58. P. 186–197.
17. Blei D.M., Ng A.Y., Jordan M.I. Latent Dirichlet allocation // The Journal of Machine Learning Research. 2003. No 3. P. 993–1022.
18. Fernández-Llata C., Benedi J.-M., García-Gómez J.M., Traver V. Process mining for individualized behavior modeling using wireless tracking in nursing homes // Sensors (Basel). 2013. Vol. 13. No 11. P. 15434–15451. DOI: 10.3390/s131115434.
19. van der Aalst W.M.P. Process mining: Discovery, conformance and enhancement of business processes. Springer, 2011. DOI: 10.1007/978-3-642-19345-3.
20. van der Aalst W.M.P. Process mining and simulation: A match made in heaven! // Proceedings of the 50th Computer Simulation Conference (SummerSim 2018). Bordeaux, France, 9–12 July 2018. DOI: 10.22360/summersim.2018.scsc.005.
21. van der Aalst W.M.P. Process mining: Data science in action. Berlin: Springer-Verlag, 2016.
22. van der Aalst W.M.P. Process mining manifesto // Business Process Management Workshops. Springer, 2011. P. 169–194. DOI: 10.1007/978-3-642-28108-2_19.
23. Fernández-Llata C., Meneu T., Benedi J.M., Traver V. Activity-based process mining for clinical pathways computer aided design // Proceedings of the 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology. Buenos Aires, Argentina, 31 August – 4 September 2010. P. 6178–6181. DOI: 10.1109/IEMBS.2010.5627760.
24. Kovalchuk S.V., Funkner A.A., Metsker O.G., Yakovlev A.N. Simulation of patient flow in multiple healthcare units using process and data mining techniques for model identification // Journal of Biomedical Informatics. 2018. No 82. P. 128–142.

25. Williams R., Buchan I., Prosperi M., Ainsworth J. Using string metrics to identify patient journeys through care pathways // Proceedings of the AMIA Annual Symposium, Washington, DC, USA, 15–19 November 2014. P. 1208–1217.
26. Kaufmann L., Rousseeuw P. Clustering by means of medoids // Data analysis based on the L1-norm and related methods. 1987. P. 405–416.
27. Ward J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function // Journal of the American Statistical Association. 1963. Vol. 58. No 301. P. 236–244.
28. Зайцев Р.Д., Бритков В.Б. Применение языка R для многомерной кластеризации временных рядов с целью анализа динамики научно-технического развития // Труды Второй молодежной научной конференции «Задачи современной информатики». Москва, 29–30 октября 2015 г. М.: ФИЦ ИУ РАН. С. 92–98.
29. Ferreira L., Hitchcock D. A comparison of hierarchical methods for clustering functional data // Communications in Statistics – Simulation and Computation. 2009. No 38. P. 1925–1949. DOI: 10.1080/03610910903168603.
30. Коннов И.В., Кашина О.А., Гильманова Э.И. Решение задачи кластеризации методами оптимизации на графах // Ученые записки Казанского университета. Сер. Физико-математические науки. 2019. Т. 161. Кн. 3. С. 423–437. DOI: 10.26907/2541-7746.2019.3.423-437.
31. Boytsov L. Indexing methods for approximate dictionary searching // Journal of Experimental Algorithmics. 2011. Vol. 16. No 1. Article No 1.1. DOI: 10.1145/1963190.1963191.
32. Rousseeuw P.J. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis // Journal of Computational and Applied Mathematics. 1987. No 20. P. 53–65. DOI: 10.1016/0377-0427(87)90125-7.
33. Huang Z., Lu X., Duan H., Fan W. Summarizing clinical pathways from event logs // Journal of Biomedical Informatics. 2013. Vol. 46. No 1. P. 111–127. DOI: 10.1016/j.jbi.2012.10.001.
34. Vorontsov K.V., Potapenko A.A. Tutorial on probabilistic topic modeling: Additive regularization for stochastic matrix factorization // AIST'2014, Analysis of Images, Social Networks and Texts. Communications in Computer and Information Science. Springer, 2014. P. 265–267.

Об авторах

Прокофьева Елизавета Сергеевна

аспирант, кафедра инноваций и бизнеса в сфере информационных технологий, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: prokofyeva.liza@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1322-2932

Зайцев Роман Дмитриевич

старший эксперт по анализу данных, ГК «ФОРС», 129272, г. Москва, ул. Трифоновский тупик, д. 3;

E-mail: roman.zaitsev@fors.ru

ORCID: 0000-0002-8313-3727

Clinical pathways analysis of patients in medical institutions based on hard and fuzzy clustering methods

Elizaveta S. Prokofyeva^a

E-mail: prokofyeva.liza@gmail.com

Roman D. Zaitsev^b

E-mail: Roman.Zaitsev@fors.ru

^a National Research University Higher School of Economics
Address: 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia

^b FORS Group
Address: 3, Trifonovskiy Tupik Street, Moscow 129272, Russia

Abstract

Modeling the processes in a healthcare system plays a large role in understanding its activities and serves as the basis for increasing the efficiency of medical institutions. The tasks of analyzing and modeling large amounts of urban healthcare data using machine learning methods are of particular importance and relevance for the development of industry solutions in the framework of digitalization of the economy, where data is the key factor in production. The problem of automatic analysis and determination of clinical pathways groups of patients based on clustering methods is considered in this research. Existing projects in this area reflect a great interest on the part of the scientific community in such studies; however, there is a need to develop a number of methodological approaches for their further practical application in urban outpatient institutions, taking into account the specifics of the organization being analyzed. The aim of the study is to improve the quality of management and segmentation of patient input flow in urban medical institutions based on cluster analysis methods for the further development of recommendation services. One approach to achieving this goal is the development and implementation of clinical pathways, or patient trajectories. In general, the clinical pathway of a patient might be interpreted as the trajectory when receiving medical services in respective institutions. The approach of developing groups of patient routes by the hierarchical agglomerative algorithm with the Ward method and Additive Regularization of Topic Models (ARTM) is presented in this article. A computational experiment based on public data on the routes of patients with a diagnosis of sepsis is described. One feature of the proposed approach is not just the automation of the determination of similar groups of patient trajectories, but also the consideration of clinical pathways patterns to form recommendations for organizing the resource allocation of a medical institution. The proposed approach to segmenting the input heterogeneous flow of patients in urban medical institutions on the basis of clustering consists of the following steps: 1) preparing the data of the medical institution in the format of an event log; 2) encoding patient routes; 3) determination of the upper limit of the clinical pathway length; 4) hierarchical agglomerative clustering; 5) additive regularization of topic models (ARTM); 6) identifying popular patient route patterns. The resulting clusters of routes serve as the foundation for the further development of a simulation model of a medical institution and provide recommendations to patients. In addition, these groups may underlie the development of the robotic process automation system (RPA), which simulates human actions and allows you to automate the interpretation of data to manage the resources of the institution.

Key words: cluster analysis; data; hierarchical clustering; topic modeling; silhouette coefficient; healthcare; clinical pathways; process mining.

Citation: Prokofyeva E.S., Zaytsev R.D. (2020) Clinical pathways analysis of patients in medical institutions based on hard and fuzzy clustering methods. *Business Informatics*, vol. 14, no 1, pp. 19–31. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.19.31

References

1. Ilyushin G.Ya., Limanskij V.I. (2015) Development of the patient flow management system. *Systems and Approaches of Informatics*, vol. 25, no 1, pp. 186–197 (in Russian).
2. Azanov V.G. (2016) Structural-functional model of patient flow management. *Systems and Approaches of Informatics*, vol. 26, no 1, pp. 13–29 (in Russian).
3. Kinsman L., Rotter T., James E., Snow P., Willis J. (2010) What is a clinical pathway? Development of a definition to inform the debate. *BMC Medicine*, vol. 8, no 31. DOI: 10.1186/1741-7015-8-31.
4. Pearson S.D., Goulart-Fisher D., Lee T.H. (1995) Critical pathways as a strategy for improving care: Problems and potential. *Annals of Internal Medicine*, vol. 123, no 12, pp. 941–948.
5. Wakamiya S., Yamauchi K. (2009) What are the standard functions of electronic clinical pathways? *International Journal of Medical Informatics*, vol. 78, no 8, pp. 543–550. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2009.03.003.
6. Veselý A., Zvárová J., Peleska J., Buchtela D., Anger Z. (2006) Medical guidelines presentation and comparing with electronic health record. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 75, no 3–4, pp. 240–245. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2005.07.016.
7. Rojas E., Munoz-Gama J., Sep lveda M., Capurro D. (2016) Process mining in healthcare: A literature review. *Journal of Biomedical Informatics*, no 61, pp. 224–236. DOI: 10.1016/j.jbi.2016.04.007.
8. Huang Z., Lu X., Duan H. (2012) On mining clinical pathway patterns from medical behaviors. *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 56, no 1, pp. 35–50. DOI: 10.1016/j.artmed.2012.06.002.
9. Rakocevic G., Djukic T., Filipovic N., Milutinović V. (2013) *Computational medicine in data mining and modeling*. N.Y.: Springer. DOI: 10.1007/978-1-4614-8785-2.
10. Ahmad M. A., Teredesai A., Eckert C. (2018) Interpretable machine learning in healthcare. Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI), New York, NY, USA, 4–7 June 2018, pp. 447–447. DOI: 10.1109/ICHI.2018.00095.
11. Rotter T., Kinsman L., James E.L., Machotta A., Gothe H., Willis J., Snow P., Kugler J. (2010) Clinical pathways: effects on professional practice, patient outcomes, length of stay and hospital costs: Cochrane database of systematic reviews and meta-analysis. *Evaluation & the Health Professions*, vol. 35, no 1, pp. 3–27. DOI: 10.1177/0163278711407313.
12. Prodel M. (2017) *Process discovery, analysis and simulation of clinical pathways using health-care data*. Université de Lyon. Available at: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01665163/document> (accessed 25 November 2019).

13. Huang Z., Dong W., Ji L., Gan C., Lu X., Duan H. (2014) Discovery of clinical pathway patterns from event logs using probabilistic topic models. *Journal of Biomedical Informatics*, no 47, pp. 39–57. DOI: 10.1016/j.jbi.2013.09.003.
14. Lin F., Chou S., Pan S., Chen Y. (2001) Mining time dependency patterns in clinical pathways. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 62, no 1, pp. 11–25. DOI: 10.1016/S1386-5056(01)00126-5.
15. Cote M.J., Stein W.E. (2007) A stochastic model for a visit to the doctor's office. *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 45, no 3–4, pp. 309–323. DOI: 10.1016/j.mcm.2006.03.022.
16. Zhang Y., Padman R., Patel N. (2015) Paving the cowpath: Learning and visualizing clinical pathways from electronic health record data. *Journal of Biomedical Informatics*, no 58, pp. 186–197.
17. Blei D.M., Ng A.Y., Jordan M.I. (2003) Latent Dirichlet allocation. *The Journal of Machine Learning Research*, no 3, pp. 993–1022.
18. Fernández-Llatas C., Benedi J.-M., García-Gómez J.M., Traver V. (2013) Process mining for individualized behavior modeling using wireless tracking in nursing homes. *Sensors (Basel)*, vol. 13, no 11, pp. 15434–15451. DOI: 10.3390/s131115434.
19. van der Aalst W.M.P. (2011) *Process mining: Discovery, conformance and enhancement of business processes*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-19345-3.
20. van der Aalst W.M.P. (2018) Process mining and simulation: A match made in heaven! Proceedings of the *50th Computer Simulation Conference (SummerSim 2018)*. Bordeaux, France, 9–12 July 2018. DOI: 10.22360/summersim.2018.scsc.005.
21. van der Aalst W.M.P. (2016) *Process mining: Data science in action*. Berlin: Springer-Verlag.
22. van der Aalst W.M.P. (2011) Process mining manifesto. *Business Process Management Workshops*. Springer, pp. 169–194. DOI: 10.1007/978-3-642-28108-2_19.
23. Fernández-Llatas C., Meneu T., Benedi J.M., Traver V. (2010) Activity-based process mining for clinical pathways computer aided design. Proceedings of the *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*. Buenos Aires, Argentina, 31 August – 4 September 2010, pp. 6178–6181. DOI: 10.1109/IEMBS.2010.5627760.
24. Kovalchuk S.V., Funkner A.A., Metsker O.G., Yakovlev A.N. (2018) Simulation of patient flow in multiple healthcare units using process and data mining techniques for model identification. *Journal of Biomedical Informatics*, no 82, pp. 128–142.
25. Williams R., Buchan I., Prospero M., Ainsworth J. (2014) Using string metrics to identify patient journeys through care pathways. Proceedings of the *AMIA Annual Symposium, Washington, DC, USA, 15–19 November 2014*, pp. 1208–1217.
26. Kaufmann L., Rousseeuw P. (1987) Clustering by means of medoids. *Data analysis based on the L1-norm and related methods*, pp. 405–416.
27. Ward J.H. (1963) Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 58, no 301, pp. 236–244.
28. Zaitsev R.D., Britkov V.B. (2015) The use of the R language for multidimensional clustering of time series in order to analyze the dynamics of scientific and technological development. *Transactions of the Second Youth Scientific Conference "Problems of Modern Computer Science", Moscow, 29–30 October 2015*, pp. 92–98.
29. Ferreira L., Hitchcock D. (2009) A comparison of hierarchical methods for clustering functional data. *Communications in Statistics – Simulation and Computation*, no 38, pp. 1925–1949. DOI: 10.1080/03610910903168603.
30. Konnov I.V., Kashina O.A., Gilmanova E.I. (2019) Solving the clustering problem by optimization methods on graphs. *Scientific Letters of the Kazan University, Series Physical and Mathematical Sciences*, vol. 161, pp. 423–437 (in Russian). DOI: 10.26907/2541-7746.2019.3.423-437.
31. Boytsov L. (2011) Indexing methods for approximate dictionary searching. *Journal of Experimental Algorithmics*, vol. 16, no 1, article no 1.1. DOI: 10.1145/1963190.1963191.
32. Rousseeuw P.J. (1987) Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, vol. 20, pp. 53–65. DOI: 10.1016/0377-0427(87)90125-7.
33. Huang Z., Lu X., Duan H., Fan W. (2013) Summarizing clinical pathways from event logs. *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 46, no 1, pp. 111–127. DOI: 10.1016/j.jbi.2012.10.001.
34. Vorontsov K.V., Potapenko A.A. (2014) Tutorial on probabilistic topic modeling: Additive regularization for stochastic matrix factorization. *AIST'2014, Analysis of Images, Social Networks and Texts. Communications in Computer and Information Science*. Springer, pp. 265–267.

About the authors

Elizaveta S. Prokofyeva

Doctoral Student, Department of Innovation and Business in Information Technologies,
National Research University Higher School of Economics, 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;
E-mail: prokofyeva.liza@gmail.com
ORCID: 0000-0003-1322-2932

Roman D. Zaitsev

Senior Expert for Data Analysis, FORS Group, 3, Trifonovskiy Tupik Street, 129272 Moscow, Russia;
E-mail: roman.zaitsev@fors.ru
ORCID: 0000-0002-8313-3727

Сравнительный анализ теоретических моделей каскадных, итеративных и гибридных подходов к управлению жизненным циклом ИТ-проекта

Д.В. Первухин^{a,b} 

E-mail: dpervuhin@hse.ru

Е.А. Исаев^a 

E-mail: eisaev@hse.ru

Г.О. Рытиков^c 

E-mail: GR-yandex@yandex.ru

Е.К. Филюгина^a

E-mail: ekfilyugina@edu.hse.ru

Д.А. Айрапетян^a

E-mail: hayrapetyandiana@gmail.com

^a Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

^b Финансовый университет при Правительстве РФ
Адрес: 125993, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 49

^c Московский политехнический университет, Высшая школа печати и медиаиндустрии
Адрес: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 2А

Аннотация

Отсутствие общего и универсального подхода к управлению ИТ-проектами позволяет сформулировать задачу анализа и изучения проблемы выбора наиболее эффективной методологии проектного менеджмента. На основе относительно небольшого числа работ по обобщению практических кейсов на уровне теоретических представлений в данной статье в общем виде показаны оценочные математические модели жизненного цикла абстрактного ИТ-проекта, планируемого к реализации с помощью каскадного, итеративного и сочетающего их (гибридного) подходов. На основании выделенных преимуществ и недостатков каждой из существующих методологий показано, что дополнительное применение итеративных подходов на отдельных этапах реализации каскадной методологии в некотором смысле улучшает процесс реализации ИТ-проекта по сравнению с чисто каскадной реализацией. При этом рекурсивное применение итеративного подхода на отдельных этапах реализации проекта ухудшает характеристики жизненного цикла проекта и может применяться исключительно для снижения определенного класса проектных рисков. По результатам исследования предложен полуэмпирический способ оценивания качества планирования проекта и оценки достоверности декларируемых разработчиком характеристик реализации проекта, что должно положительным образом сказаться на эффективности выбора стратегии управления ИТ-проектом.

Ключевые слова: управление ИТ-проектом; итеративная методология; Agile; каскадная методология; гибридная методология; анализ моделей.

Цитирование: Первухин Д.В., Исаев Е.А., Рытиков Г.О., Филогина Е.К., Айрапетян Д.А. Сравнительный анализ теоретических моделей каскадных, итеративных и гибридных подходов к управлению жизненным циклом ИТ-проекта // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 1. С. 32–40. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.32.40

Введение

Несмотря на многолетнюю историю вопроса [1], обсуждение достоинств и недостатков каскадного и итеративного подходов к управлению жизненным циклом ИТ-проекта вообще и разработке программного обеспечения в частности продолжается вплоть до настоящего времени [2, 3]. Начиная с 2009 года, PMI рекомендует гибридный вариант методологии управления проектами (PMBOK–4) [4], при котором для стратегического планирования применяется каскадная методология WaterFall (WF) [5], а основные этапы проекта реализуются итеративно (Agile) [6]. В последние годы большое внимание уделяется сравнительному анализу рисков при использовании всевозможных модификаций WF [7] и Agile [8, 9], необходимости адаптации гибких подходов управления проектами к особенностям предметной области (банковское дело, медицина) [10–12], оптимизации структурного сочетания гибкой и каскадной методологий [13] и т.д. При этом в большинстве случаев при описании недостатков WF авторы научных статей, книг и докладов на конференциях опираются на многочисленные накопленные данные по реализации или провалу проектов, реализовавшихся с помощью каскадной методологии [14], в то время как преимущества Agile в основном демонстрируются на примерах успешной реализации соответствующих проектов [15–17].

Таким образом, противники гибкой методологии в качестве контраргумента всегда приводят отсутствие репрезентативной статистики по реализациям Agile-проектов, некоторые специфические особенности предметной области успешного применения итеративного подхода [18] и отсутствие четкой структуры системы и процессов управления проектом в случае применения модификаций итеративного подхода. На практике компромиссным вариантом оказываются различные схемы гибридизации подходов, позволяющие сочетать элементы четкого планирования и документирования процессов управления жизненным циклом проекта [19] с возможностью относительно эффективного и экономного дости-

жения необходимых практических результатов за счет применения итераций на ключевых этапах реализации проекта [20, 21]. Вопрос о существовании оптимального соотношения применения обсуждаемых управленческих практик в сфере ИТ рассматривается в данной статье.

1. Концепция

Согласно общим подходам к управлению проектами [22] при каскадном подходе выделяются стадии инициализации, планирования, реализации и завершения проекта. При этом типичные виды моделей жизненных циклов проектов представлены в работе [23] и могут быть описаны в рамках обобщенной модели:

$$\rho(t) = \rho_0 \cdot t^k \cdot \exp(-\gamma \cdot t), \quad (1)$$

где $\rho(t)$ — доля проектных работ, выполненных к моменту времени t ;

γ, k — параметры, определяющие частные формы моделей жизненного цикла;

ρ_0 — нормировочный множитель, обеспечивающий выполнение условия

$$\int_0^{\infty} \rho(t) dt = 1.$$

Представление (1) естественным образом позволяет описывать динамику степени завершенности проекта P от времени τ с помощью выражения

$$P(\tau) = \int_0^{\tau} \rho(t) dt = 1 - \exp(-\gamma \cdot \tau) \cdot \sum_{n=0}^k \frac{\tau^n \cdot \gamma^n}{n!}. \quad (2)$$

Рассмотрим частные случаи ($k = 1, 2, 3, 4$), описывающие типичные частные модели жизненного цикла проекта:

$$\rho(t) = \gamma^2 \cdot t \cdot \exp(-\gamma \cdot t), \quad (3a)$$

$$\rho(t) = \frac{\gamma^3}{2} \cdot t^2 \cdot \exp(-\gamma \cdot t), \quad (3б)$$

$$\rho(t) = \frac{\gamma^4}{6} \cdot t^3 \cdot \exp(-\gamma \cdot t), \quad (3в)$$

$$\rho(t) = \frac{\gamma^5}{24} \cdot t^4 \cdot \exp(-\gamma \cdot t). \quad (3г)$$

Согласно (2), им соответствуют частные модели динамики реализации проекта:

$$P(\tau) = 1 - (\gamma \cdot \tau + 1) \cdot \exp(-\gamma \cdot \tau), \quad (4a)$$

$$P(\tau) = 1 - \left(\frac{(\gamma \cdot \tau)^2}{2} + (\gamma \cdot \tau) + 1 \right) \cdot \exp(-\gamma \cdot \tau), \quad (4б)$$

$$P(\tau) = 1 - \left(\frac{(\gamma \cdot \tau)^3}{6} + \frac{(\gamma \cdot \tau)^2}{2} + (\gamma \cdot \tau) + 1 \right) \cdot \exp(-\gamma \cdot \tau), \quad (4в)$$

$$P(\tau) = 1 - \left(\frac{(\gamma \cdot \tau)^4}{24} + \frac{(\gamma \cdot \tau)^3}{6} + \frac{(\gamma \cdot \tau)^2}{2} + (\gamma \cdot \tau) + 1 \right) \cdot \exp(-\gamma \cdot \tau). \quad (4г)$$

На рисунке 1 представлено несколько вариантов моделей жизненных циклов и соответствующих им моделей динамики степени завершенности проекта.

Выберем для упрощения дальнейших расчетов определенный способ представления модельных

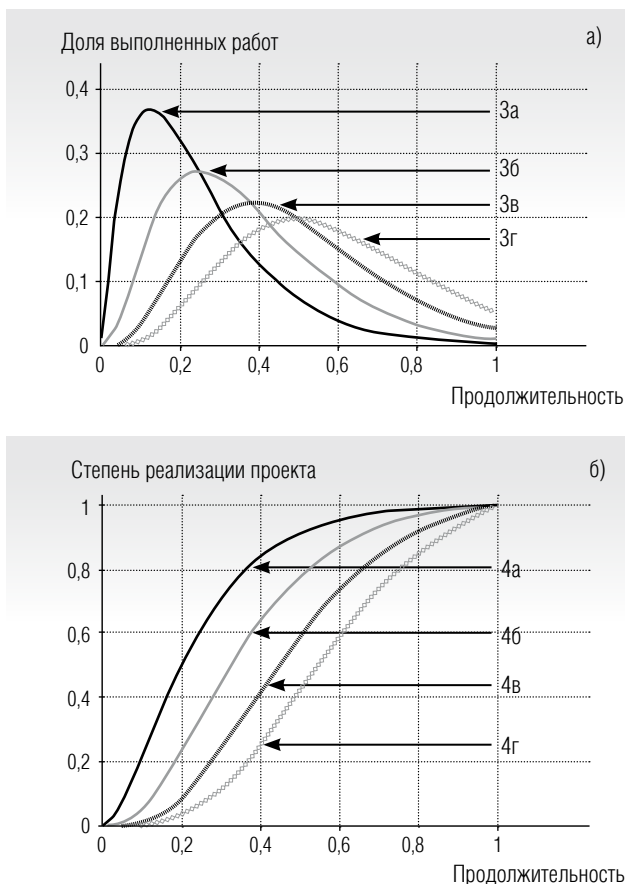


Рис. 1. Варианты моделей жизненных циклов и динамики степени завершенности проекта в зависимости от нормированной продолжительности его реализации (при $\gamma = 1$)

функций в кусочно-линейном виде (например, выделив стадии жизненного цикла):

$$P(\tau) \cong \begin{cases} a_1 \cdot \tau + b_1, & \tau \in [0; 1,25 \cdot \tau_1) \\ a_2 \cdot \tau + b_2, & \tau \in [0,75 \cdot \tau_1; 1,25 \cdot \tau_2) \\ a_3 \cdot \tau + b_3, & \tau \in [0,75 \cdot \tau_2; 1,25 \cdot \tau_3) \\ a_4 \cdot \tau + b_4, & \tau \in [0,75 \cdot \tau_3; \tau_4] \end{cases} \quad (5)$$

где $a_3 > a_2 > a_4 > a_1$.

В этом случае при , получим упрощенную модель динамики реализации проекта при каскадной парадигме планирования и управления (рисунк 2).

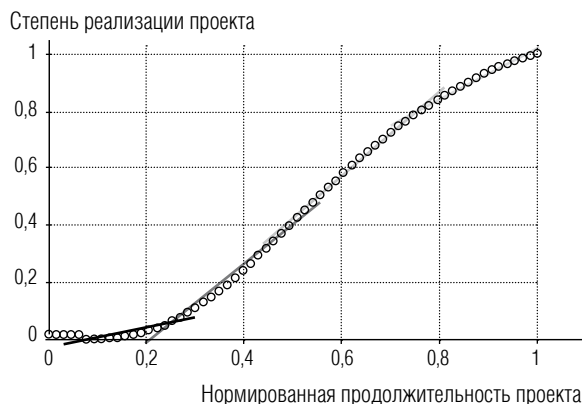


Рис. 2. Динамика степени завершенности абстрактного проекта вида (4г) и соответствующая кусочно-линейная модель (5) представлены кружочками и отрезками прямых соответственно

2. Преимущества и недостатки

Согласно каскадной парадигме, окончание предыдущей и начало последующей работы перекрываются приблизительно на 25%, вследствие чего достигается преимущество над эстафетной парадигмой, при которой окончание предшествующей работы совпадает с началом последующей. Степень перекрытия во времени соседних этапов выполнения проекта определяет отличие каскадного планирования от эстафетного и влияет на параметры уравнений прямых, отрезки которых формируют график кусочно-линейной функции, описывающей динамику реализации проекта в целом. Параметры линейных уравнений, описывающих обсуждаемые прямые, были получены с помощью метода наименьших квадратов [24].

Заметим, что само появление каскадного подхода к управлению проектами связано с применением итеративного подхода к эстафетной парадигме планирования, поскольку возможность фактического перекрытия во времени окончания предшествующей и

начала последующей работ связана с выделением базовой и улучшенной версий реализации каждого этапа проектной работы, вследствие чего последующая работа может начинаться по окончании выполнения базовой компоненты предшествующей работы, а не по окончании всех ее доработок и исправлений.

Известным недостатком каскадного (и, тем более, эстафетного) подхода является отсутствие возможности согласования с заказчиком перечня исполняемых работ и промежуточных результатов в процессе выполнения проекта [25, 26]. Внедрение элементов итеративных подходов к решению отдельных групп задач в рамках каскадного «стратегического» плана проекта фактически является современным стандартом управления проектами [27, 28]. Для иллюстрации преимуществ такого гибридного подхода можно, например, разбить кусочно-линейную модель прогнозируемой динамики выполнения проекта на два/четыре последовательно выполняемых подпроекта (москольку ресурсы ограничены, в рассматриваемом модельном случае постулируется невозможность параллельного выполнения подпроектов даже при использовании чисто итеративного подхода). Предполагая, что в модельном случае для любого абстрактного проекта соблюдается принцип Парето (за 20% времени выполняется 80% задач, а за 80% времени – 20% задач), оценим отличия во времени достижения уровня 80% выполненных работ при разбиении проекта на подпроекты и перераспределении порядка выполнения этапов проектных работ, реализующих элементы итеративного подхода [29]. На *рисунке 3* представлены соответствующие графики (кружочками представлена теоретическая модель динамики степени реализуемости жизненного цикла, а треугольниками – соответствующие кусочно-линейные модели).

При простом разбиении проекта на подпроекты при взятом за основу каскадном подходе время достижения 80% выполнения всего проекта даже несколько увеличивается по сравнению с базовым планом реализации проекта, однако наблюдается повышение скорости выполнения проекта на начальном этапе его реализации. Т.е. разбиение проекта на подпроекты способствует увеличению средней скорости выполнения проекта на начальных этапах его реализации и в целом ожидаемо выравнивает среднюю скорость его выполнения (т.е. эффективно уменьшает вероятность срыва графика выполнения проектных работ). Возможность распараллеливания работ улучшает ситуацию радикально, однако в рамках данной статьи предполагается, что ресурсы крайне ограничены и зафиксированы, вследствие чего, параллельное выполнение работ невозможно.

Очевидно, что даже при таком модельном представлении время достижения локального целевого показателя начальных этапов реализации проекта уменьшается на 4% и 14% при разбиениях на два и четыре подпроекта. Следовательно, широко применяемое разбиение проектных работ на отдельные задачи и операции оказывается математически обоснованным из самых общих предположений.

3. Наибольшая эффективность

Возникает вопрос о «предельно возможной полезности» применения итеративного подхода для каскадного проекта, прогнозируемая динамика исполнения которого описывается заданной кусочно-линейной функциональной зависимостью доли успешно завершенных проектных работ от продолжительности реализации проекта. Поскольку основным преимуществом итеративного подхода является

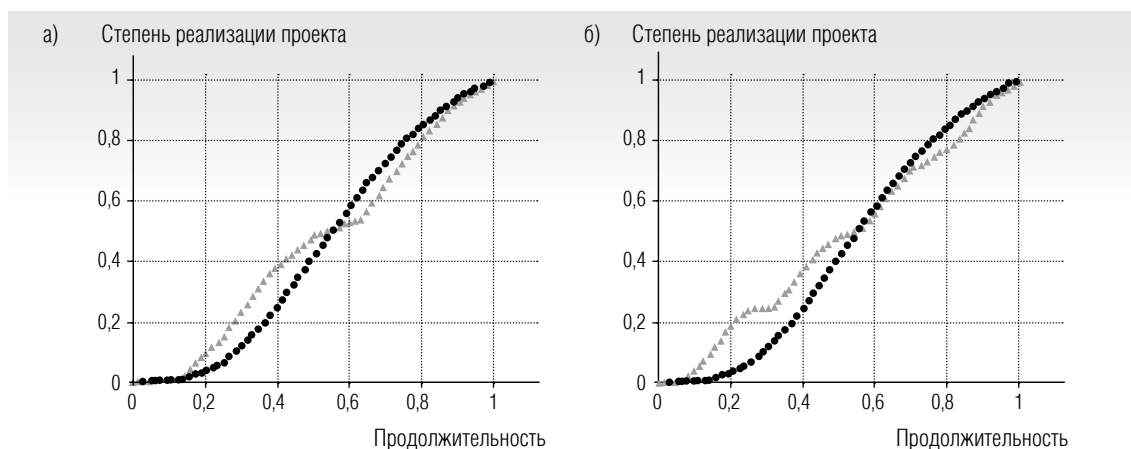


Рис. 3. Динамика степени завершенности проекта, формально разделенного на (а) два и (б) четыре подпроекта

возможность динамического пересогласования последовательности выполнения работ, рассмотрим модель (5) каскадного проекта, в которой откажемся от требования следования этапов проекта по принципу «один за другим». Очевидно, что в условиях зафиксированных ресурсов предполагается, что скорость выполнения каждого этапа работ не может быть изменена, вследствие чего согласовываться с заказчиком может только последовательность выполнения работ. Также очевидно, что, с точки зрения заказчика, наиболее эффективным планом проекта является такой, при котором 80% результата достигается как можно быстрее. Таким образом, единственной эффективной стратегией перестановки работ является перенос этапов, характеризующихся наибольшим значением производной первого порядка $dP/d\tau$, на начальные позиции последовательности выполнения работ. Принимая во внимание выбранное в качестве примера соотношение $a_3 > a_2 > a_4 > a_1$ между параметрами модели (5), рассматриваемый пример эффективной перестановки последовательности выполнения работ примет вид:

$$P(\tau) \cong \begin{cases} a_3 \cdot \tau + c_1, \tau \in [0; \tau_1) \\ a_2 \cdot \tau + c_2, \tau \in [\tau_1; \tau_2) \\ a_4 \cdot \tau + c_3, \tau \in [\tau_2; \tau_3) \\ a_1 \cdot \tau + c_4, \tau \in [\tau_3; \tau_4] \end{cases} \quad (6)$$

где c_1, c_2, c_3, c_4 найдены из условия отсутствия разрывов первого рода.

Итеративный подход, применяемый на этапе планирования к каскадной модели (5), обеспечивает возможность реализации нескольких вариантов исполнения проекта. При условии фиксации ресурсов для рассматриваемых моделей не существует кусочно-линейных функций, обеспечивающих более быстрое достижение целевого показателя в 80% объема выполненных работ, по сравнению с функцией, представленной на рисунке 4. Для подтверждения этой гипотезы воспользуемся приемом, который применялся при демонстрации отличий гибридного и каскадного подходов. Разобьем модельный проект (6) на два/четыре подпроекта, каждый из которых реализует итеративный подход. Соответствующие зависимости представлены на рисунке 4. Видно, что, с точки зрения заказчика, 80% эффективность реализации проекта достигается за 63% (при использовании чисто итеративного подхода), 73% (разбиение на два подпроекта с перестановкой последовательности работ) и 79% (разбиение на четыре подпроекта с перестановкой

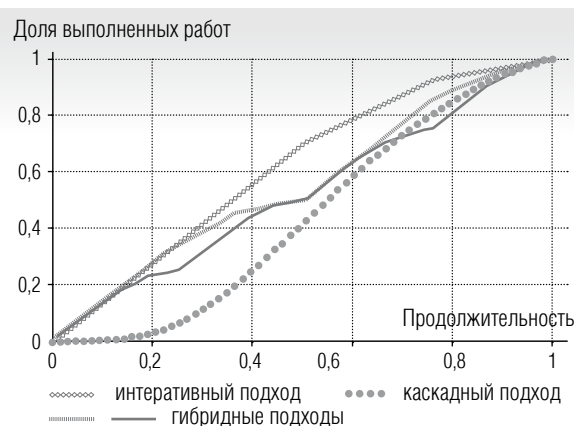


Рис. 4. Динамика степеней реализации проекта при итеративном, гибридных и каскадном подходах к планированию и управлению проектами

последовательности работ) времени, отведенного на достижение цели проекта.

Таким образом, наиболее эффективной стратегией достижения целей проекта оказывается применение чисто итеративного подхода непосредственно к реализуемому проекту, а не к отдельным его стадиям, выделяемым при использовании каскадной парадигмы планирования.

Заключение

Несмотря на то, что нами были рассмотрены чисто модельные задачи, и на практике в полной мере применить итеративный подход для реализации концептуально каскадного проекта, по всей видимости, невозможно (поскольку, например, этап инициализации почти наверняка окажется последним), значимые преимущества и недостатки итеративного, гибридного и каскадного подходов были продемонстрированы именно при рассмотрении математических моделей, а не частных реализаций соответствующих проектов.

Если отвлечься от прокрустово ложа стандартов, рассматривать работы по содержанию и структурировать проект исходя из «принципа наибольшей производной», то чем в большей степени используется итеративный подход, тем более эффективным воспринимается заказчиком план реализации проекта.

Наконец, есть ряд наблюдений из практики: большое количество успешных проектов (по крайней мере, в сфере ИТ [30]), реализуется по схеме «сначала сделали, потом заключили договор», что, вообще говоря, в точности совпадает с рекомендациями модели (6), несмотря на кажущееся нарушение логики процесса исполнения проекта. ■

Литература

1. Royce W.W. Managing the development of large software systems // Technical Papers of Western Electronic Show and Convention (WesCon). Los Angeles, USA. 25–28 August 1970. P. 328–338.
2. Morien R. A retrospective on constructing a personal narrative on agile development // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. Vol. 685. P. 290–304. DOI: 10.1007/978-3-319-70019-9_24.
3. Jiang L., Eberlein A. Towards a framework for understanding the relationships between classical software engineering and agile methodologies // Proceedings of the 2008 International Workshop on Scrutinizing Agile Practices or Shoot-Out at the Agile Corral (APOS'08). Leipzig, Germany, 10 May 2008. P. 9–14. DOI: 10.1145/1370143.1370146.
4. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК). Филадельфия: Project Management Institute, 2008.
5. Камаев В.А. Каскадные технологические подходы. М.: Высшая школа, 2008.
6. Wright C. Agile governance and audit: An overview for auditors and Agile teams. Cambridgeshire, UK: IT Governance Publishing, 2014.
7. Bierwolf R., Frijns P., Van Kemenade P. Project management in a dynamic environment: Balancing stakeholders // Proceedings of the 2017 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS 2017). Munich, Germany, 17–19 October 2017. P. 1–6.
8. Ramamoorthy B.T., Mayilvahanan P. Comparative study on agile scrum over traditional waterfall lifecycle projects // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2019. Vol. 11. No 4. P. 524–529.
9. Quality metrics for hybrid software development organizations – A case study / S. Pradhan [et al.] // Proceedings of the 19th IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS-C 2019). Sofia, Bulgaria, 22–26 July 2019. P. 505–506.
10. Милошевич Д.З. Набор инструментов для управления проектами. М.: Академия АйТи; ДМК Пресс, 2008.
11. Земляная Е.М. Особенности управления проектами в медицинских организациях // Сб. статей IX Международной научно-практической конференции «Экономика, бизнес, инновации», г. Пенза, 15 августа 2019 г. С. 10–13.
12. Hamad R.M.H., Al Fayoumi M. Scalable agile transformation process (SATP) to convert waterfall project management office into Agile project management office // Proceedings of the 19th International Arab Conference on Information Technology (ACIT 2018). Lebanon, 28–30 November 2018. P. 1–8.
13. Hiekata K., Mitsuyuki T., Goto T., Moser B. Design of software development architecture comparison of waterfall and agile using reliability growth model // Advances in Transdisciplinary Engineering. 2016. No 4. P. 471–480.
14. Waterfall: Video distribution by cascading multiple swarms / K. Park [et al.] // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2013. Vol. 31. No 9. P. 165–174.
15. Kniberg H. Toyota's journey from Waterfall to Lean software development. 2016. [Электронный ресурс]: <https://blog.crisp.se/2010/03/16/henrikkniberg/1268757660000> (дата обращения 30.11.2019).
16. Серебрякова Т.А., Серебряков В.Г., Алексин К.В. Сравнительный анализ методологий Agile и Waterfall по разработке информационных систем в банковской сфере // Colloquium–Journal. 2019. № 2–5 (26). С. 7–9.
17. The (Go)SMART way to agility: Managing a Scrum subproject in a waterfall environment / O. G tz [et al.] // Journal of Information Technology Teaching Cases. 2018. Vol. 8. No 2. P. 149–160.
18. Власов А.И., Карпунин А.А., Ганев Ю.М. Системный подход к проектированию при каскадной и итеративной модели жизненного цикла // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». Пенза, 25–31 мая 2015 г. Т. 1. С. 96–100.
19. Fitsilis P. Comparing PMBOK and Agile project management software development processes // Advances in Computer and Information Sciences and Engineering. Springer, 2008. P. 378–383. DOI: 10.1007/978-1-4020-8741-7.
20. Mahadevan L., Keting W.J., Meservy T.O. Running on hybrid: Control changes when introducing an agile methodology in a traditional “waterfall” system development environment // Communications of the Association for Information Systems. 2015. No 36. P. 77–103. DOI: 10.17705/1CAIS.03605.
21. Shawky D.M. Traditional vs Agile development: A comparison using chaos theory // Proceedings of the 9th International Conference on Software Paradigm Trends (ICSOFT-PT 2014). Vienna, Austria, 29–31 August 2014. P. 109–114.
22. Салахмир В. Методологии управления проектами: Waterfall, Agile / 2018. [Электронный ресурс]: <https://salakhmir.ru/проекты-методологии-waterfall-agile/> (дата обращения: 28.11.2019).
23. Воропаев В.И., Гельруд Ян.Д. Математические модели управления для заказчика // Управление проектами и программами. 2013. № 1. С. 18–29.
24. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. М.: Физматлит, 1958.
25. Каримов Р.А., Качкынбеков Н.Р. Некоторые аспекты гибкой методологии разработки программного обеспечения // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 3. С. 199–202.
26. Nicula D., Ghimii S.S. Command and control vs self management // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 514. Product Design, Robotics, Advanced Mechanical and Mechatronic Systems and Innovation Conference (PRASIC), Brasov, Romania, 8–9 November 2018. P. 1–6. DOI: 10.1088/1757-899X/514/1/012039.
27. Agile-waterfall hybrid product development in the manufacturing industry – Introducing guidelines for implementation of parallel use of the two models / G. Schuh [et al.] // Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). Singapore, 10–13 December 2017. P. 725–729. DOI: 10.1109/IEEM.2017.8289986.
28. Hybrid software and system development in practice: Waterfall, scrum, and beyond / M. Kuhrmann [et al.] // Proceedings of the 2017 International Conference on Software and System Process (ICSSP 2017). Paris, France, 15–17 July 2017. P. 30–39.
29. Чуланова О.Л. Технология управления проектами и проектными командами на основе методологии гибкого управления проектами Agile // Вестник евразийской науки. 2018. № 4. С. 1–11.
30. Первухин Д.В., Исаев Е.А., Рытиков Г.О., Филюгина Е.К., Айрапетян Д.А. Анализ положительного эффекта от внедрения ИТ решения, основанный на оценке рисков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2019. № 7. С. 45–54.

Об авторах

Первухин Дмитрий Васильевич

старший преподаватель, кафедра управления информационными системами и цифровой инфраструктурой, факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

старший преподаватель, кафедра «Бизнес-информатика», факультет прикладной математики и информационных технологий, Финансовый университет при Правительстве РФ, 125993, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 49;

E-mail: dpervuhin@hse.ru

ORCID: 0000-0001-6500-035X

Исаев Евгений Анатольевич

кандидат технических наук;

профессор, кафедра управления информационными системами и цифровой инфраструктурой, факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: eisaev@hse.ru

ORCID: 0000-0002-3703-447X

Рытиков Георгий Олегович

кандидат физико-математических наук;

доцент, кафедра информатики и информационных технологий, Высшая школа печати и медиаиндустрии, Московский политехнический университет, 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 2А;

E-mail: GR-yandex@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-5521-8662

Филогина Екатерина Константиновна

студент образовательной программы «Бизнес-информатика», факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: ekfilyugina@edu.hse.ru

Айрапетян Диана Ареновна

студент магистерской программы «Управление проектами», факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: hayrapetyandiana@gmail.com

Theoretical comparative analysis of cascading, iterative, and hybrid approaches to IT project life cycle management

Dmitry V. Pervoukhin^{a, b}

E-mail: dpervuhin@hse.ru

Eugeni A. Isaev^a

E-mail: eisaev@hse.ru

Georgy O. Rytikov^c

E-mail: GR-yandex@yandex.ru

Ekaterina K. Filyugina^a

E-mail: ekfilyugina@edu.hse.ru

Diana A. Hayrapetyan^a

E-mail: hayrapetyandiana@gmail.com

^a National Research University Higher School of Economics
Address: 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia

^b Financial University under the Government of the Russian Federation
Address: 49, Leningradsky Prospect, Moscow 125993, Russia

^c Moscow Polytechnic University, Higher School of Press and Media Industry
Address: 2A, Pryanishnikov Street, Moscow 127550, Russia

Abstract

The absence of a common and universal approach to IT project management allows us to formulate a problem to analyze and study when choosing the most efficient project management methodology. The relatively small number of scientific works summarizing practical experience of a theoretical approach allowed us to formulate a generalized mathematical model for a common IT project lifecycle estimation in this work using waterfall, agile or hybrid approaches for the project management. Based on the advantages and disadvantages of existing methodologies that we revealed, it appears that use of agile approaches within stages of the cascade methodology approach improves the process of IT project management compared to a pure cascade implementation. Moreover, the recursive application of an iterative approach at certain stages of the project implementation worsens the characteristics of the project life cycle and can be used only to reduce a certain class of project risks. The results of our study allow us to propose a semi-empirical method for project planning estimation accuracy and attainability of the declared project implementation characteristics. All of this should have a positive impact on the effectiveness of the IT project management strategy choice.

Key words: IT project management; iterative methodology; Agile; waterfall; hybrid methodology; model analysis.

Citation: Pervoukhin D.V., Isaev E.A., Rytikov G.O., Filyugina E.K., Hayrapetyan D.A. (2020) Theoretical comparative analysis of cascading, iterative, and hybrid approaches to IT project life cycle management. *Business Informatics*, vol. 14, no 1, pp. 32–40. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.32.40

References

- Royce W.W. (1970) Managing the development of large software systems. *Technical Papers of Western Electronic Show and Convention (WesCon)*, Los Angeles, USA, 25–28 August 1970, pp. 328–338.
- Morien R. (2018) A retrospective on constructing a personal narrative on agile development. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 685, pp. 290–304. DOI: 10.1007/978-3-319-70019-9_24.
- Jiang L., Eberlein A. (2008) Towards a framework for understanding the relationships between classical software engineering and agile methodologies. *Proceedings of the 2008 International Workshop on Scrutinizing Agile Practices or Shoot-Out at the Agile Corral (APOS'08)*, Leipzig, Germany, 10 May 2008, pp. 9–14. DOI: 10.1145/1370143.1370146.
- Project Management Institute (2008) *Project Management Knowledge Base Guide (PMBOK Guide)*. Philadelphia, USA: PMI.
- Kamaev V.A. (2008) *Cascading technological approaches*. Moscow: Higher School (in Russian).
- Wright C. (2014) *Agile governance and audit: An overview for auditors and Agile teams*. Cambridgeshire, UK: IT Governance Publishing.
- Bierwolf R., Frijns P., Van Kemenade P. (2017) Project management in a dynamic environment: Balancing stakeholders. *Proceedings of the 2017 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS 2017)*, Munich, Germany, 17–19 October 2017, pp. 1–6.
- Ramamoorthy B.T., Mayilvahanan P. (2019) Comparative study on agile scrum over traditional waterfall lifecycle projects. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, vol. 11, no 4, pp. 524–529.
- Pradhan S., Nanniyur V., Melanahalli P., Palla M., Chulani S. (2019) Quality metrics for hybrid software development organizations – A case study. *Proceedings of the 19th IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS-C 2019)*, Sofia, Bulgaria, 22–26 July 2019, pp. 505–506.
- Miloshevich D.Z. (2008) *Project management toolkit*. Moscow: AjTi; DMK Press (in Russian).
- Zemlyanaya E.M. (2019) Features of project management in medical organizations. *Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference "Economics, Business, Innovations"*, Penza, Russia, 15 August 2019, pp. 10–13 (in Russian).
- Hamad R.M.H., Al Fayoumi M. (2018) Scalable agile transformation process (SATP) to convert waterfall project management office into Agile project management office. *Proceedings of the 19th International Arab Conference on Information Technology (ACIT 2018)*, Lebanon, 28–30 November 2018, pp. 1–8.
- Hiekata K., Mitsuyuki T., Goto T., Moser B. (2016) Design of software development architecture comparison of waterfall and agile using reliability growth model. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, no 4, pp. 471–480.
- Park K., Kim J., Cho K., Kwon T.T., Choi Y., Pack S. (2013) Waterfall: Video distribution by cascading multiple swarms. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 31, no 9, pp. 165–174.
- Kniberg H. (2016) *Toyota's journey from Waterfall to Lean software development*. Available at: <https://blog.crisp.se/2010/03/16/henrik-kniberg/1268757660000> (accessed 30 November 2019).
- Serebryakova T.A., Serebryakov V.G., Aleksin K.V. (2019) Comparative analysis of Agile and Waterfall methodologies for developing information systems in the banking sector. *Colloquium—Journal*, no 2–5, pp. 7–9 (in Russian).
- Götz O., Wai Y., Klein S., Roßmehl M., Basten D. (2018) The (Go)SMART way to agility: Managing a Scrum subproject in a waterfall environment. *Journal of Information Technology Teaching Cases*, vol. 8, no 2, pp. 149–160.
- Vlasov A.I., Karpunin A.A., Ganey Yu.M. (2015) A systematic approach to design with a cascading and iterative life cycle model. *Proceedings of the International Symposium "Reliability and Quality"*, Penza, Russia, 25–31 May 2015, vol. 1, pp. 96–100 (in Russian).

19. Fitsilis P. (2008) Comparing PMBOK and Agile project management software development processes. *Advances in Computer and Information Sciences and Engineering*. Springer, pp. 378–383. DOI: 10.1007/978-1-4020-8741-7.
20. Mahadevan L., Kettinger W.J., Meservy T.O. (2015) Running on hybrid: Control changes when introducing an agile methodology in a traditional “waterfall” system development environment. *Communications of the Association for Information Systems*, no 36, pp. 77–103. DOI: 10.17705/1CAIS.03605.
21. Shawky D.M. (2014) Traditional vs Agile development: A comparison using chaos theory. Proceedings of the *9th International Conference on Software Paradigm Trends (ICSOFT-PT 2014), Vienna, Austria, 29–31 August 2014*, pp. 109–114.
22. Salahmir V. (2018) *Project management methodologies: Waterfall, Agile*. Available at: <https://salakhmir.ru/проекты-методологии-waterfall-agile/> (accessed 28 November 2019) (in Russian).
23. Voropaev V.I., Gelrud Yan.D. (2013) Mathematical control models for the customer. *Upravlenie Proektami i Programmami*, no 1, pp. 18–29 (in Russian).
24. Linnik Yu.V. (1958) *Least squares method and the fundamentals of the mathematical and statistical theory of observation processing*. Moscow: Fizmatlit (in Russian).
25. Karimov R.A., Kachkynbekov N.R. (2018) Some aspects of a flexible software development methodology. *Mezhdunarodnyj Zhurnal Gumanitarnyh i Estestvennyh Nauk*, no 3, pp. 199–202 (in Russian).
26. Nicula D., Ghimii S.S. (2019) Command and control vs self management. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 514. Product Design, Robotics, Advanced Mechanical and Mechatronic Systems and Innovation Conference (PRASIC), Brasov, Romania, 8–9 November 2018*, pp. 1–6. DOI: 10.1088/1757-899X/514/1/012039.
27. Schuh G., Rebentisch E., Riesener M., Diels F., Dölle C., Eich S. (2017) Agile-waterfall hybrid product development in the manufacturing industry – Introducing guidelines for implementation of parallel use of the two models. Proceedings of the *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, 10–13 December 2017*, pp. 725–729. DOI: 10.1109/IEEM.2017.8289986.
28. Kuhrmann M., Diebold P., Münch J., Tell P., Garousi V., Felderer M., Trektere K., McCaffery F., Linssen O., Hanser E., Prause C.R. (2017) Hybrid software and system development in practice: Waterfall, scrum, and beyond. Proceedings of the *2017 International Conference on Software and System Process (ICSSP 2017), Paris, France, 15–17 July 2017*, pp. 30–39.
29. Chulanova O.L. (2018) Project and project team management technology based on Agile project management methodology. *Vestnik Evrazijskoj Nauki*, no №4, p. 1–11 (in Russian).
30. Pervoukhin D.V., Isaev E.A., Rytikov G.O., Filyugina E.K., Hayrapetyan D.A. (2019) Analysis of the positive effect of the IT solutions implementation based on risk assessment. *Prbory i Sistemy. Upravlenie, kontrol, diagnostika*, no 7, pp. 45–54 (in Russian).

About the authors

Dmitry V. Pervoukhin

Senior Lecturer, Department of Information Systems Management and Digital Infrastructure Management, School of Business Informatics, Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics, 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

Senior Lecturer, Faculty of Applied Mathematics and Information Technologies, Financial University under the Government of the Russian Federation, 49, Leningradsky Prospect, Moscow 125993, Russia;

E-mail: dpervuhin@hse.ru

ORCID: 0000-0001-6500-035X

Eugeni A. Isaev

Cand. Sci. (Tech.);

Professor, Department of Information Systems Management and Digital Infrastructure Management, School of Business Informatics, Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics, 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: eisaev@hse.ru

ORCID: 0000-0002-3703-447X

Georgy O. Rytikov

Cand. Sci. (Phys.-Math.);

Associate Professor, Department of Informatics and Information Technologies, Higher School of Press and Media Industry, Moscow Polytechnic University, 2A, Pryanishnikov Street, Moscow 127550, Russia;

E-mail: GR-yandex@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-5521-8662

Ekaterina K. Filyugina

Student, Business Informatics Educational Program, Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics, 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: ekfilyugina@edu.hse.ru

Diana A. Hayrapetyan

Student, Project Management MSc Program, Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics, 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: hayrapetyandiana@gmail.com

О многоканальной модели предоставления услуг в управляемом данными государственном секторе

Э. Агбозо 

E-mail: eagbozo@urfu.ru

А.Н. Медведев

E-mail: a.n.medvedev@urfu.ru

Уральский федеральный университет

Адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Аннотация

Целью электронного правительства является предоставление государственных услуг конечным пользователям — гражданам или жителям определенной страны. Исследования показали, что правительства могут обеспечить внедрение электронного правительства в полном объеме, однако конечные пользователи могут в конечном счете не получить выгод от этих электронных услуг. Сегодня качественное предоставление государственных услуг является приоритетной задачей, и с ростом доступности современных технологических инструментов и методов это представляется достижимым. Электронное правительство, управляемое данными, является необходимым компонентом в современном государственном секторе, благодаря широко распространенной доступности и быстрому накоплению больших данных (big data), а также направленности на создание важных конечных продуктов. В данном исследовании предлагается многоканальная модель предоставления услуг в качестве катализатора для достижения управляемой данными экосистемы государственного сектора, что является новой исследовательской концепцией. Модель разработана на основе рекомендаций, полученных в результате предшествующих исследований, направленных на изменение ландшафта государственного сектора. Интегрируя модель многоканального предоставления услуг в электронное правительство и процессы принятия решений в государственном секторе, правительства смогут решить задачу предоставления услуг конечным пользователям, которые имеют доступ к электронным услугам, а также тем, кто не имеет такого доступа. При этом будут достигнуты декларируемые Организацией Объединенных Наций цели в области устойчивого развития, которые направлены на то, чтобы никто не оказался без соответствующей поддержки.

Ключевые слова: многоканальная модель предоставления услуг; электронное правительство; государственный сектор; создание ценностей; управляемый данными государственный сектор; пользовательский опыт; оптимизация государственной службы.

Цитирование: Агбозо Э., Медведев А.Н. О многоканальной модели предоставления услуг в управляемом данными государственном секторе // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 1. С. 41–50.

DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.41.50

Введение

Цели предоставления услуг в государственном секторе заключаются в удовлетворении потребностей граждан и правительства путем предоставления общественных благ и услуг, содействия финансовой устойчивости и эффективности государственного управления, а также повышения социальной эффективности [1, 2], тем самым влияя на все аспекты социально-экономической экосистемы страны. Повышение качества предоставления государственных услуг обеспечивает потенциал для улучшения управления и качества жизни, а также смягчения социальных конфликтов [3]. Когда государственные услуги находятся на оптимальном уровне эффективности, бенефициарами являются не только граждане (конечные пользователи), но и поставщики услуг (государственный сектор и правительство), а также частный сектор, получающий от этого определенную выгоду.

За последнее десятилетие перевод государственных услуг в цифровой формат (создание электронного правительства) был принят большинством стран, которые сегодня находятся на разных уровнях развития электронного правительства. Исследование электронного правительства, проведенное Организацией Объединенных Наций в 2016 году, показало, какие страны успешно развиваются в данной сфере, а какие находятся в состоянии стагнации и спада (а также причины этого) [4]. Для функционирования электронного правительства имеют большое значение определенные факторы и компоненты. Среди основных можно упомянуть воспринимаемые простоту использования, качество услуг, риск, полезность системы, доверие к правительству и системе, технологическую инфраструктуру и многое другое [5–7].

Современное технологическое развитие и его повсеместное распространение обеспечили людям возможность доступа к услугам через многочисленные источники. Предприятия частного сектора извлекают выгоду из таких цифровых инструментов предоставления услуг, как терминалы самообслуживания, системы интерактивного реагирования, смартфоны, социальные сети, электронная почта, услуги видеотелефонии, веб-службы и многое другое. Эти инициативы побуждают конечных пользователей к ожиданию предложения новых форм взаимодействия, с пожеланием, чтобы поставщики услуг были настолько доступными и

быстро реагирующими на запросы, насколько это позволяют современные технологии [8]. Хотя правительства знают о таких каналах предоставления услуг, многие из них не в полной мере используют потенциал многоканальных схем предоставления услуг для обслуживания своих жителей и граждан, особенно в развивающихся странах [8]. В связи с развитием современных технологий и повышением доступности данных государственный сектор имеет широкие возможности воспользоваться этими данными, применяя аналитические инструменты для сбора информации о вовлеченности граждан и их участии в электронном правительстве, т.е. использовать управляемый данными подход (УДП).

В упомянутом выше докладе ООН об электронном правительстве говорится, что в эпоху быстро меняющихся технологий по-прежнему трудно найти рациональный баланс между приложениями и устройствами и разумно инвестировать в технические платформы, с чем сталкиваются государственные должностные лица и политики при разработке многоканальных систем оказания услуг [8]. В условиях изменяющегося технологического климата, основанного на данных государственного сектора, модель многоканального предоставления услуг (ММПУ), очевидно, представляет собой важный фактор для более эффективного предоставления качественных услуг. Нет сомнений в том, что электронное правительство привело к значительным изменениям в сфере государственного сектора, путем сокращения бюрократизации и коррупции и, самое главное, улучшения качества предоставления государственных услуг. Несмотря на определенные преимущества, исследования показали, что электронное правительство может обострить проблемы, на решение которых направлена его деятельность, если оно не будет соответствующим образом регулироваться [9]. Ввиду отсутствия научных исследований в области объединения ММПУ и УДП, целью данной работы является изучение того, насколько модель многоканального предоставления услуг может быть принята развивающимися странами по мере того, как сфера государственного сектора смещается в сторону системы, управляемой данными. Основной вопрос данного исследования состоит в том, как можно интегрировать модель многоканального предоставления услуг в управляемый данными государственный сектор для эффективного предоставления государственных услуг.

1. Управляемый данными государственный сектор

Электронным правительством традиционно называлось предоставление государственных услуг и информации населению с использованием электронных средств [10]. Оно направлено на повышение внутренней эффективности государственных учреждений и стремится к улучшению транзакционных услуг. Впоследствии произошел переход к электронному правительству 2.0, которое создает возможности для расширения участия граждан, открытости и подотчетности правительств и, соответственно, для укрепления демократии и повышения прозрачности, способствуя раскрытию и представлению публичных данных [11]. Электронное правительство 3.0 основано на предыдущих версиях электронного правительства и приобретает все большую популярность, благодаря расширению использования датчиков и интеллектуальных устройств, формирующих большие данные, в сочетании с расширенной аналитикой и моделированием, а также, возможно, повсеместно распространенными сервисами (облачными вычислениями). Это позволяет осуществлять интеллектуальное управление и принимать решения на основе анализа больших объемов данных [11]. Данная модель является основой государственного сектора, управляемого данными. Служба управляемого данными государственного сектора (УДГС) способна выявлять, собирать и получать необходимые данные для выработки политики и предоставления услуг в государственном секторе, а также для социально-экономического развития [12]. Например, аналитические методы, такие как семантический анализ или анализ текста [13], а также методы искусственного интеллекта могут использоваться для извлечения знаний из больших массивов текстовых данных, в частности, жалоб граждан.

Современные исследования расширили концепцию построения модели электронного правительства, основанного на данных, которая представляет собой набор цифровых государственных услуг, направляющих ранее сохраненные данные гражданам в качестве ответов, решений и реформ для ускорения национального роста [14]. Данная модель описывается как смена парадигмы, которая может направить любую страну, принимающую данную концепцию, в сторону цифровой зрелости, в сочетании с социально-экономическим развитием, которое также способно помочь в достижении целей ООН в сфере устойчивого развития [15].

В то время как исследования по УДГС находятся на начальной стадии, уже предложены рекомендации для инновационных исследований в государственном секторе [16]. Нехватка гибких модельных исследовательских рекомендаций для государственного сектора, управляемого данными, и предоставления государственных услуг обуславливает потребность в новых исследованиях. Таким образом, данная работа направлена на интеграцию инновационной модели многоканальной доставки услуг в управляемый данными государственный сектор, с целью улучшения предоставления услуг, а также повышения доверия граждан и удовлетворенности пользователей результатами работы электронного правительства.

2. Модель многоканальной доставки услуг как катализатор государственного сектора, управляемого данными

В мире бизнеса и коммерции модель многоканальной доставки услуг (ММДУ) была принята несколькими корпорациями. Прежде чем углубляться в решение, уместно изучить концепцию ММДУ. Авторы исследования [17] рекомендуют, чтобы в целях дальнейшего совершенствования предоставления электронных услуг в государственном секторе была изучена ММДУ, и данное исследование направлено на выполнение этой рекомендации.

ММДУ определяется как предоставление общедоступных услуг различными способами интегрированным и скоординированным образом, при этом конечные пользователи могут выбирать наиболее подходящий канал, в зависимости от обстоятельств [18]. ММДУ позволяет организациям обеспечить наилучшее универсальное взаимодействие с пользователем по нескольким каналам связи, используя интеграцию таких современных устройств, как смартфоны, интерактивные системы голосового ответа, цифровое телевидение, терминалы самообслуживания и многие другие. Несмотря на очевидные преимущества, сложность интеграции ММДУ в государственном секторе возрастает из-за бюрократической культуры, устаревшей политики и стандартов, бюджетных ограничений, неадекватных технических ноу-хау и слабого руководства [8].

В рамках исследований электронного правительства концепция ММДУ рассматривалась в нескольких работах. Согласно [19], канал способен изменять восприятие услуги пользователями, и их

интересы всегда будут согласованы с каналом, который реализует высокое качество, доступность, гибкость, стоимость и эффективность. В данном исследовании рассмотрен вопрос, могут ли новые ИКТ дать возможность поставщикам услуг осуществить реинжиниринг фронт- и бэк-офисов, чтобы они могли принять гибкую многоканальную открытую совместимую архитектуру, которая, в свою очередь, повышает устойчивость предоставления услуг и, следовательно, качество жизни конечного пользователя [19]. ММДУ была предложена для того, чтобы социальные роботы, работающие на основе методов искусственного интеллекта (ИИ), использовались в качестве канала обслуживания, нацеленного на использование богатого опыта обслуживания, чем-то похожего на то, что могут предложить «человеческие» агенты. Социальные роботы способны выступать как дополнительные поставщики услуг для улучшения их доставки, как возможная замена определенных каналов в будущем, а также для создания возможностей, в настоящее время не существующих [20]. Традиционное предоставление государственных услуг и последствия его автоматизации препятствовали (и по-прежнему препятствуют) переходу правительств к стабильной системе электронного правительства. Поэтому результаты исследования [21] показали, что многоканальная доставка услуг (МДУ), управляемая трансформационным лидерством, является необходимым фактором для изменения негативного отношения к электронному правительству. Кроме того, авторами данного исследования подчеркивается, что МДУ расширяет предоставление услуг конечным пользователям государственных услуг в сельских районах Китая. Систематический обзор каналов внедрения электронных услуг показал, что на выбор конечных пользователей влияют такие факторы, как характе-

ристики канала (интерактивность, предполагаемая простота использования, предполагаемая полезность), характеристики задачи (тип задачи, сложность проблемы), личностные характеристики (социально-демографическая характеристика, опыт работы с каналом, привычки), ситуационные ограничения (цена, расстояние до каналов), а также удовлетворенность (например, удовлетворенность обслуживанием) [22]. В свете вышеизложенных результатов данное исследование предлагает модель, в которой как МДУ, так и государственный сектор, управляемый данными, взаимодействуют и объединяют компетенции электронного правительства — правовые, управленческие, технические, социально-технические и организационные [23].

На рисунке 1 показан управляемый данными государственный сектор, в котором реализована модель МДУ. Здесь наблюдается гармонизация всех заинтересованных сторон, вовлеченных в процесс проектирования, что согласуется с теорией заинтересованных сторон [24]. Концепция совместного создания подхода с участием многих заинтересованных сторон принята в этой модели в связи с тем, что она обеспечивает надежную аналитическую структуру для изучения и оценки воздействия электронных услуг как на опыт, так и на эффективность систем общественных услуг, с необходимостью вовлечения всех действующих лиц [25, 26].

Концепция дуплексного канала введена в модель предоставления многоканальных услуг, в результате чего конечные пользователи могут поддерживать двунаправленную связь с поставщиками услуг вместо ненадежного однонаправленного режима [27]. Это позволяет создать ориентированную на человека систему и поддерживать необходимый баланс, поскольку мнения и предложения конечных пользователей приветствуются поставщиками.

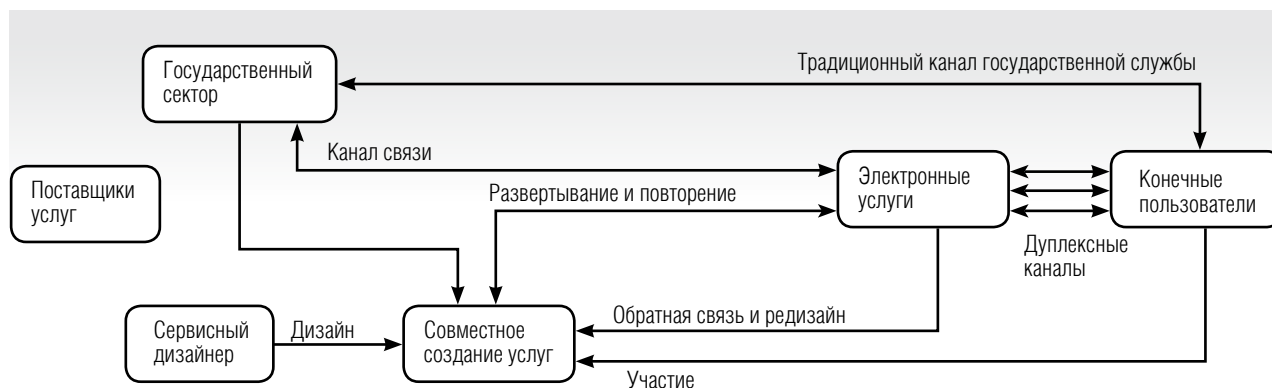


Рис. 1. Модель многоканального предоставления услуг в государственном секторе, управляемом данными

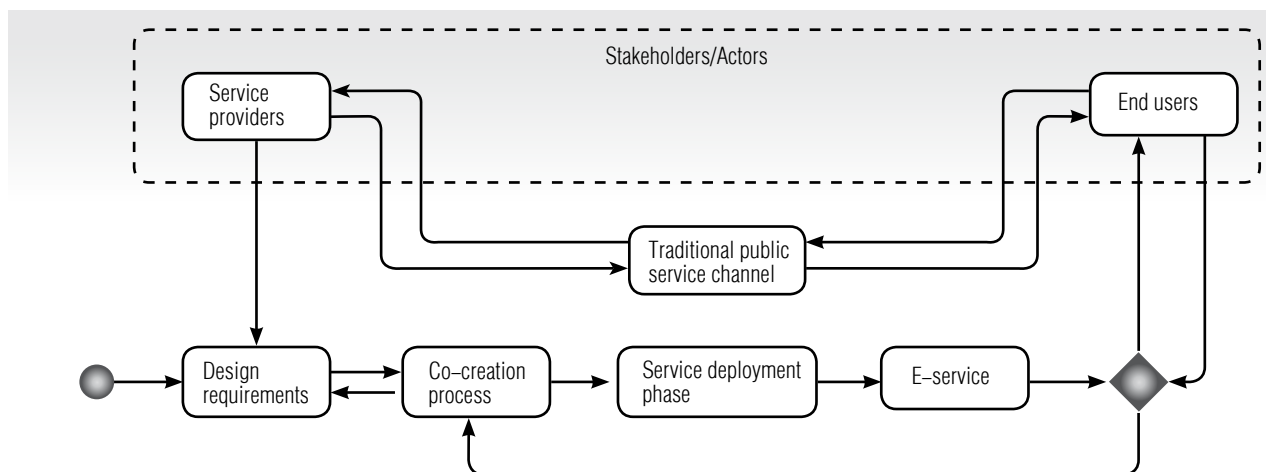


Рис. 2. Представление модели и нотации бизнес-процесса предлагаемой модели

На рисунке 2 показано формальное представление модели и нотации бизнес-процесса из рисунка 1 в управляемом данными государственном секторе с использованием программного обеспечения ARIS Express. При разработке и внедрении системы электронного правительства и цифровых услуг для государственного сектора составляются спецификации требований к дизайну, а в случае представленной модели – подходы совместного производства и творчества по принципу «снизу-вверх», которые включают консультации и идеи (фаза проектирования), привлечение добровольцев и совместную доставку (фаза исполнения), а также мониторинг услуг посредством отзывов граждан (фаза мониторинга) [28]. Совместное производство и совместное создание услуг являются развивающимися областями исследований. Они требуют создания соответствующих структур управления, связи и интеграции сущностей внутри правительства, а также интеграции с сущностями вне правительства [29]. Таким образом, данное исследование предполагало моделирование связи и анализ осуществимости модели совместного производства, включающей МДУ и управляемое данными электронное правительство. Данное исследование основано на теории общественной ценности, которая не только ставит вопрос о том, что представляет ценность для государственного сектора, но и (что более важно) что приносит ценность государственному сектору и определяется как ценность, созданная правительством посредством услуг, правовых норм и других действий, направленных на решение таких проблем, как справедливость, идеология и подотчетность [30].

В связи с характером модели, представленной на рисунке 2, подход, основанный на данных и направленный на улучшение предоставления государственных услуг, оптимизирован и реализован следующими способами:

♦ **Этапы проектирования услуг, совместного создания и развертывания:** Сбор данных из различных источников с помощью качественных и количественных средств, а также с помощью современных технологий, таких как устройства и датчики интернета вещей и инструменты потоковой передачи данных, связанные с ранее существовавшими системами (веб-платформы). Рекомендуемые структуры, основанные на гибкой разработке и постоянном совершенствовании, могут использовать открытые правительственные данные в сопутствующих услугах для эффективного и действенного предоставления услуг [31];

♦ **Вовлечение услуг:** Санкционированное отслеживание персональных данных, передаваемых поставщикам услуг в рамках модели МДУ для создания панелей мониторинга и отчетности, которые будут использоваться для принятия решений на всех уровнях управления. Применение игровых элементов также поощряется как средство стимулирования электронного участия, способствуя тем самым совершенствованию сообществ [32];

♦ **Принятие решений:** Информированное и основанное на фактических данных принятие решений для поддержки не только разработки и внедрения электронных услуг, но и правительственных решений по улучшению условий жизни граждан (резидентов). Исследования предполагают формирова-

ние политики, основанной на данных и знаниях, в которую интегрирована общая платформа для анализа политики, что создает возможности для участия многих заинтересованных сторон в процессе принятия решений [33];

♦ **Учет и оценка:** Поставщики государственных услуг и правительство, учитывая показатели, полученные из проанализированных данных из экосистемы, могут оценить благополучие инициатив электронного правительства, государственных программ, удовлетворенности пользователей, вовлеченности, эффективности инфраструктуры, возврата инвестиций, а также многие другие показатели.

Как было выявлено в результате исследований, недостаточное участие всех заинтересованных сторон в разработке решений для электронного правительства, а также отсутствие оценки в отзывах и системе мониторинга приводят к провалу электронного правительства [34]. Другое исследование также показало, что уровень развития ИКТ в развивающихся странах все еще остается низким, и авторы связывают это с недостаточным участием заинтересованных сторон [35]. Примером совместного проектирования для преодоления разрыва между реалиями дизайна и реализацией гражданских проектов в Уганде является привлечение общественного мнения к выявлению выгод, которые могут получить экономически неосведомленные граждане в случаях, когда пациентам будет предоставлена свобода принятия решений в отношении платежей по онлайн-записи на прием [36]. Исследование показало, что при этом качественное и улучшенное медицинское обслуживание будет доступно примерно 70% граждан, не способных за это платить.

Чтобы вовлечь граждан в процесс совместного проектирования, а также привлечь их к сбору данных, отзывов и вопросов, касающихся города, исследователи рекомендовали модель «Gather-Share-Governance» (GSG) и привели примеры инициатив электронного правительства, таких как «Улучшить мой город» и «Информационно-жалобная система Эр-Рияда (RWICS)» в случае Саудовской Аравии [37]. В RWICS в процесс развития вовлечены граждане, а не правительство, из-за простоты использования. Таким образом, внедряется совместный дизайн и, в свою очередь, продвижение доверия и прозрачности.

По этим и другим причинам предлагаемая модель является универсальным средством, способствующим

решению существующих проблем в разработке, внедрении и предоставлении электронных услуг в государственном секторе, поскольку участие заинтересованных сторон является основной ценностью, необходимой для процесса (цикла) гибкого развития электронного правительства.

В основе модели лежит фактор, ориентированный на человека. Поэтому конфиденциальность пользователей представляет большую ценность для правительств, а все формы персональных данных обрабатываются с высокой степенью безопасности. Общее положение о защите данных Европейского Союза (GDPR) является одним из таких рекомендуемых правил.

Преимущества объединения МДУ с государственным сектором, управляемым данными, включают предложение услуг всем группам людей (а не только разбирающимся в технологиях), сохранение ценности и повторное использование данных, создание совместимой синергии в случае высокодецентрализованных систем государственного сектора, обеспечение перспективы совместного создания и производства ценностей, а также оптимизацию предоставления государственных услуг.

Заключение

В работе исследована концепция многоканального предоставления услуг, которая была объединена с концепцией управляемого данными государственного сектора. Многоканальный подход к предоставлению услуг в управляемой данными экосистеме государственного сектора обладает потенциалом для достижения ориентированного на человека стремления к исследованиям в области предоставления государственных услуг, а также для оптимизации бизнес-процессов государственных услуг и взаимодействия конечных пользователей с электронными услугами. Это необходимо для принятия решений на всех уровнях государственного управления, для качественной и количественной оценки сферы услуг. Предлагаемая модель опирается на теорию общественной ценности и основную ценность, ориентированную на человека, которая направлена на предоставление качественных услуг, а также на создание ценности как для поставщиков услуг, так и для бенефициаров.

Что касается вклада в теорию и практику, то данная модель дополняет существующие исследования в области электронного правительства и трансформации государственного сектора, а также дает

новую информацию о дуплексном режиме связи в рамках многоканального подхода к предоставлению услуг.

В исследовании представлен общий обзор модели и ее преимуществ, основанных на существующих исследованиях, которые показали, что недостаточное участие заинтересованных сторон в разработке

и реализации электронного правительства наносит ущерб его развитию. В качестве направлений дальнейших исследований предполагается разработать метрическую модель, позволяющую определить уровень использования предоставления многоканальных услуг в управляемом данными государственным секторе. ■

Литература

1. Bisogno M., Cuadrado-Ballesteros B. The role of public sector accounting on financial sustainability and governmental effectiveness // *Financial Sustainability of Public Sector Entities*. Cham: Palgrave Macmillan, 2019. P. 123–144. DOI: 10.1007/978-3-030-06037-4_7.
2. Zaheer A.N., Rashid A. Analyzing the role of public sector marketing in improving social effectiveness: a case study from Anhui province, China // *International Review on Public and Nonprofit Marketing*. 2017. Vol. 14. No 1. P. 57–71. DOI: 10.1007/s12208-016-0162-y.
3. Smoke P. Rethinking decentralization: Assessing challenges to a popular public sector reform // *Public Administration and Development*. 2015. Vol. 35. No 2. P. 97–112. DOI: 10.1002/pad.1703.
4. Peña-López I. UN e-government survey 2016 / E-government in support of sustainable development. United Nations. 2016.
5. Mensah I.K., Vera P., Mi J. Factors determining the use of e-government services: An empirical study on Russian students in China // *International Journal of E-Adoption*. 2018. Vol. 10. No 2. P. 1–19. DOI: 10.4018/IJEA.2018070101.
6. Joseph B.K. Determining factors influencing e-government development in the developing world: A case study of Zambia // *Journal of e-Government Studies and Best Practices*. 2017. Vol. 2017. Article ID 143795. P. 1–16. DOI: 10.5171/2017.143795.
7. Roy M.C., Chartier A., Cr te J., Poulin D. Factors influencing e-government use in non-urban areas // *Electronic Commerce Research*. 2015. Vol. 15. No 3. P. 349–363. DOI: 10.1007/s10660-015-9193-4.
8. E-government survey. E-Government for the people / Department of Economic and Social Affairs, United Nations. New York, 2012. [Электронный ресурс]: <https://publicadministration.un.org/egovkb/Portals/egovkb/Documents/un/2012-Survey/Chapter-4-Supporting-multichannel-service-delivery.pdf> (дата обращения 20.11.2019).
9. Hasnain Z. E-bureaucracy: Can digital technologies spur public administration reform? / 2017. [Электронный ресурс]: <https://blogs.worldbank.org/governance/e-bureaucracy-can-digital-technologies-spur-public-administration-reform> (дата обращения 16.09.2019).
10. Jayashree S., Marthandan G. Government to e-government to e-society // *Journal of Applied Sciences (Faisalabad)*. 2010. Vol. 10. No 19. P. 2205–2210. DOI: 10.3923/jas.2010.2205.2210.
11. Lachana Z., Alexopoulos C., Loukis E., Charalabidis Y. Identifying the different generations of e-government: An analysis framework // *Proceedings of the 12th Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS)*, Corfu, Greece, 28–30 September 2018. P. 1–13.
12. Ubaldi B., Van Ooijen C., Welby B. A data-driven public sector: Enabling the strategic use of data for productive, inclusive and trustworthy governance // *OECD Working Papers on Public Governance*. No 33. Paris: OECD Publishing, 2019.
13. Karpov N., Babkin E., Demidovskij A. Evolvable semantic platform for facilitating knowledge exchange // *Supplementary Proceedings of the 5th International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST-SUP 2016)*. Yekaterinburg, Russia, 7–9 April 2016. P. 62–72.
14. Agbozo E., Spassov K. Establishing efficient governance through data-driven e-government // *Proceedings of the 11th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*. Galway, Ireland, 4–6 April 2018. P. 662–664.
15. Agbozo E. The role of data-driven e-government in realizing the sustainable development goals in developing economies // *Journal of Information Systems & Operations Management*. 2018. Vol. 12. No 1. P. 70–77.
16. Androutsopoulou A., Karacapilidis N., Loukis E., Charalabidis Y. Towards an integrated and inclusive platform for open innovation in the public sector // *E-democracy – Privacy-preserving, secure, intelligent e-government services: 7th International Conference on e-Democracy*, Athens, Greece, 14–15 December 2017. P. 228–243. DOI: 10.1007/978-3-319-71117-1_16.
17. Voutinioti A. Determinants of user adoption of e-government services in Greece and the role of citizen service centres // *Procedia Technology*. 2013. No 8. P. 238–244. DOI: 10.1016/j.protcy.2013.11.033.
18. Ruppel K. Multi-channel service delivery / 2014. [Электронный ресурс]: <https://blogs.oracle.com/content/multi-channel-service-delivery> (дата обращения 16.09.2019).
19. Germanakos P., Samaras G., Christodoulou E. Multi-channel delivery of services – The road from e-government to m-government: Further technological challenges and implications // *Proceedings of the First European Conference on Mobile Government (Euro mGov 2005)*, Brighton, UK, 10–12 July 2005. P. 210–220.
20. Pieterse W., Ebbens W., Madsen C. . New channels, new possibilities: A typology and classification of social robots and their role in multi-channel public service delivery // *Electronic Government, 16th IFIP WG 8.5 International Conference (EGOV 2017)*, St. Petersburg, Russia, 4–7 September 2017. P. 47–58. DOI: 10.1007/978-3-319-64677-0_5.
21. Mahmood K., Nayyar Z., Ahmad H.M. Switching to electronic government through transformational leadership: Implications of multichannel and digital divide // *Journal of Internet Technology and Secured Transactions*. 2018. Vol. 6. No 1. P. 534–540. DOI: 10.20533/jitst.2046.3723.2018.0066.
22. Madsen C.O., Kræmmergaard P. Channel choice: A literature review. *Proceedings of the 14th International Conference on Electronic Government (EGOV)*, Thessaloniki, Greece, 30 August – 2 September 2015. P. 3–18. DOI: 10.1007/978-3-319-22479-4_1.
23. Distel B., Ogonek N., Becker J. eGovernment competences revisited – A literature review on necessary competences in a digitalized public sector // *Proceedings of the 14th International Conference on Wirtschaftsinformatik*, Siegen, Germany, 24–27 February 2019. P. 286–300.

24. Jensen M.C. Value maximization, stakeholder theory, and the corporate objective function // *Journal of Applied Corporate Finance*. 2010. Vol. 22. No 1. P. 32–42. DOI: 10.1111/j.1745-6622.2001.tb00434.x.
25. Osborne S.P., Radnor Z., Strokosch K. Co-production and the co-creation of value in public services: a suitable case for treatment? // *Public Management Review*. 2016. Vol. 18. No 5. P. 639–653. DOI: 10.1080/14719037.2015.1111927.
26. Bryson J., Sancino A., Benington J., S rensen E. Towards a multi-actor theory of public value co-creation. *Public Management Review*. 2017. Vol. 19. No 5. P. 640–654. DOI: 10.1080/14719037.2016.1192164.
27. Prem E. A digital transformation business model for innovation // *ISPIM Innovation Symposium* (p. 1). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM), 2015.
28. Linders D. From e-government to we-government: Defining a typology for citizen coproduction in the age of social media // *Government Information Quarterly*. 2012. Vol. 29. No 4. P. 446–454. DOI: 10.1016/j.giq.2012.06.003.
29. Halmos A., Misuraca G., Viscusi G. From public value to social value of digital government: Co-creation and social innovation in European Union initiatives // *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2019)*, Maui, Hawaii, 8–11 January 2019. P. 2974–2983. DOI: 10.24251/HICSS.2019.360.
30. Kelly G., Mulgan G., Muers S. *Creating public value: An analytical framework for public service reform*. London: Strategy Unit, Cabinet Office, 2002.
31. A framework for data-driven public service co-production / M. Toots [et al.] // *Proceedings of the 16th International Conference on Electronic Government (EGOV)*, St. Petersburg, Russia, 4–7 September 2017. P. 264–275. DOI: 10.1007/978-3-319-64677-0_22.
32. Al-Yafi K., El-Masri M. Gamification of e-government services: A discussion of potential transformation // *Proceedings of the Twenty-second Americas Conference on Information Systems*, San Diego, California, US, 11–14 August 2016. P. 1–9.
33. Misuraca G., Viscusi G. Shaping public sector innovation theory: an interpretative framework for ICT-enabled governance innovation // *Electronic Commerce Research*. 2015. Vol. 15. No 3. P. 303–322. DOI: 10.1007/s10660-015-9184-5.
34. Joseph B.K. (2018) *Designing effervescent e-government solutions: Lessons from a developing world context*. International e-government development. Cham: Palgrave Macmillan, pp. 187–211. DOI: 10.1007/978-3-319-63284-1_8.
35. Boonmee C. Mail–doc–web: A technique for faster, cheaper and more sustainable digital service development // *Proceedings of the 17th European Conference on Digital Government (ECDG 2017)*, Lisbon, Portugal, 12–13 June 2017. P. 36–46.
36. Kyakulumbye S., Pather S., Jantjies M. Towards design of citizen centric e-government projects in developing country context: the design-reality gap in Uganda // *International Journal of Information Systems and Project Management*. 2019. Vol. 7. No 4. P. 55–73. DOI: 10.12821/ijispm070403.
37. Al Helal E., Mokhtar H. Towards smart Riyadh: Riyadh Wiki information and complaining system // *International Journal of Managing Information Technology*. 2018. Vol. 10. No 2. P. 95–106. DOI: 10.5121/ijmit.2018.10206.

Об авторах

Агбозо Эбенезер

старший преподаватель, Уральский федеральный университет, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19;
E-mail: eagbozo@urfu.ru;
ORCID: 0000-0002-2413-3815

Медведев Александр Николаевич

кандидат технических наук;
доцент, Уральский федеральный университет, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19;
E-mail: a.n.medvedev@urfu.ru

Towards a Multi-Channel Service Delivery model in the data-driven public sector

Ebenezer Agbozo

E-mail: eagbozo@urfu.ru

Alexander N. Medvedev

E-mail: a.n.medvedev@urfu.ru

Ural Federal University
Address: 19, Mira Street, Yekaterinburg 620002, Russia

Abstract

The goal of e-government is to provide public services to end users – be it citizens or residents – of a given nation. Research has shown that there is the susceptibility of governments to check all the boxes so as to present an image of having e-government implementations, yet end users eventually do not benefit from these electronic services. Quality public service delivery is an issue of priority today and, with the increasing availability of modern technological tools and techniques, it is attainable. Data-driven e-government is a necessary ingredient in the modern day public sector due to the widespread availability and rapid production of data (i.e. big data) and it aims at value creation. This study proposes a novel research concept, using the Multi-Channel Service Delivery model as a catalyst to attain the data-driven ecosystem in the public sector. The model was developed based on recommendations from works of previous research to address the changing landscape of the public sector. By integrating the Multi-Channel Service Delivery model into e-government and public sector decision making, governments will be able to bridge the divide and offer services to end users with access to e-services, as well as those who do not. In doing so, the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs) which are aimed at leaving none behind will be arrived at.

Key words: Multi-Channel Service Delivery Model; e-government; public sector; value creation; data-driven public sector; user experience; public service optimization.

Citation: Agbozo E., Medvedev A.N. (2020) Towards a Multi-Channel Service Delivery model in the data-driven public sector. *Business Informatics*, vol. 14, no 1, pp. 41–50. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.41.50

References

1. Bisogno M., Cuadrado-Ballesteros B. (2019) The role of public sector accounting on financial sustainability and governmental effectiveness. *Financial Sustainability of Public Sector Entities*. Cham: Palgrave Macmillan, pp. 123–144. DOI: 10.1007/978-3-030-06037-4_7.
2. Zaheer A.N., Rashid A. (2017) Analyzing the role of public sector marketing in improving social effectiveness: a case study from Anhui province, China. *International Review on Public and Nonprofit Marketing*, vol. 14, no 1, pp. 57–71. DOI: 10.1007/s12208-016-0162-y.
3. Smoke P. (2015) Rethinking decentralization: Assessing challenges to a popular public sector reform. *Public Administration and Development*, vol. 35, no 2, pp. 97–112. DOI: 10.1002/pad.1703.
4. Peña-López I. (2016) *UN e-government survey 2016. E-government in support of sustainable development*. United Nations.
5. Mensah I.K., Vera P., Mi J. (2018) Factors determining the use of e-government services: An empirical study on Russian students in China. *International Journal of E-Adoption*, vol. 10, no 2, pp. 1–19. DOI: 10.4018/IJEA.2018070101.
6. Joseph B.K. (2017) Determining factors influencing e-government development in the developing world: A case study of Zambia. *Journal of e-Government Studies and Best Practices*, vol. 2017, Article ID 143795, pp. 1–16. DOI: 10.5171/2017.143795.
7. Roy M.C., Chartier A., Cr te J., Poulin D. (2015) Factors influencing e-government use in non-urban areas. *Electronic Commerce Research*, vol. 15, no 3, pp. 349–363. DOI: 10.1007/s10660-015-9193-4.
8. UN DESA (2012) *E-government survey (2012). E-Government for the people*. Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York. Available at: <https://publicadministration.un.org/egovkb/Portals/egovkb/Documents/un/2012-Survey/Chapter-4-Supporting-multi-channel-service-delivery.pdf> (accessed 20 November 2019).
9. Hasnain Z. (2017) *E-bureaucracy: Can digital technologies spur public administration reform?* Available at: <https://blogs.worldbank.org/governance/e-bureaucracy-can-digital-technologies-spur-public-administration-reform> (accessed 16 September 2019).
10. Jayashree S., Marthandan G. (2010) Government to e-government to e-society. *Journal of Applied Sciences (Faisalabad)*, vol. 10, no 19, pp. 2205–2210. DOI: 10.3923/jas.2010.2205.2210.
11. Lachana Z., Alexopoulos C., Loukis E., Charalabidis Y. (2018) Identifying the different generations of e-government: An analysis framework. Proceedings of the *12th Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS)*, Corfu, Greece, 28–30 September 2018, pp. 1–13.
12. Ubaldi B., Van Ooijen C., Welby B. (2019) A data-driven public sector: Enabling the strategic use of data for productive, inclusive and trustworthy governance. *OECD Working Papers on Public Governance*, no 33. Paris: OECD Publishing.
13. Karpov N., Babkin E., Demidovskij A. (2016) Evolvable semantic platform for facilitating knowledge exchange. Supplementary Proceedings of the *5th International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST-SUP 2016)*, Yekaterinburg, Russia, 7–9 April 2016, pp. 62–72.
14. Agbozo E., Spassov K. (2018) Establishing efficient governance through data-driven e-government. Proceedings of the *11th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, Galway, Ireland, 4–6 April 2018, pp. 662–664.
15. Agbozo E. (2018) The role of data-driven e-government in realizing the sustainable development goals in developing economies. *Journal of Information Systems & Operations Management*, vol. 12, no 1, pp.70–77.
16. Androutsopoulou A., Karacapilidis N., Loukis E., Charalabidis Y. (2017) Towards an integrated and inclusive platform for open innovation in the public sector. *E-democracy – Privacy-preserving, secure, intelligent e-government services: 7th International Conference on e-Democracy, Athens, Greece, 14–15 December 2017*, pp. 228–243. DOI: 10.1007/978-3-319-71117-1_16.
17. Voutinioti A. (2013) Determinants of user adoption of e-government services in Greece and the role of citizen service centres. *Procedia Technology*, no 8, pp. 238–244. DOI: 10.1016/j.protcy.2013.11.033.
18. Ruppel K. (2014) *Multi-channel service delivery*. Available at: <https://blogs.oracle.com/content/multi-channel-service-delivery> (accessed 16 September 2019).
19. Germanakos P., Samaras G., Christodoulou E. (2005) Multi-channel delivery of services –The road from e-government to m-government: Further technological challenges and implications. Proceedings of the *First European Conference on Mobile Government (Euro mGov 2005)*, Brighton, UK, 10–12 July 2005, pp. 210–220.

20. Pieterse W., Ebbens W., Madsen C. (2017) New channels, new possibilities: A typology and classification of social robots and their role in multi-channel public service delivery. *Electronic Government, 16th IFIP WG 8.5 International Conference (EGOV 2017), St. Petersburg, Russia, 4-7 September 2017*, pp. 47–58. DOI: 10.1007/978-3-319-64677-0_5.
21. Mahmood K., Nayyar Z., Ahmad H.M. (2018) Switching to electronic government through transformational leadership: Implications of multichannel and digital divide. *Journal of Internet Technology and Secured Transactions*, vol. 6, no 1, pp. 534–540. DOI: 10.20533/jitst.2046.3723.2018.0066.
22. Madsen C.O., Kræmmergaard P. (2015) Channel choice: A literature review. Proceedings of the *14th International Conference on Electronic Government (EGOV), Thessaloniki, Greece, 30 August – 2 September 2015*, pp.3-18. DOI: 10.1007/978-3-319-22479-4_1.
23. Distel B., Ogonek N., Becker J. (2019) eGovernment competences revisited – A literature review on necessary competences in a digitalized public sector. Proceedings of the *14th International Conference on Wirtschaftsinformatik, Siegen, Germany, 24–27 February 2019*, pp. 286–300.
24. Jensen M.C. (2010) Value maximization, stakeholder theory, and the corporate objective function. *Journal of Applied Corporate Finance*, vol. 22, no 1, pp. 32–42. DOI: 10.1111/j.1745-6622.2001.tb00434.x.
25. Osborne S.P., Radnor Z., Strokosch K. (2016) Co-production and the co-creation of value in public services: a suitable case for treatment? *Public Management Review*, vol. 18, no 5, pp. 639–653. DOI: 10.1080/14719037.2015.1111927.
26. Bryson J., Sancino A., Benington J., S rensen E. (2017) Towards a multi-actor theory of public value co-creation. *Public Management Review*, vol. 19, no 5, pp. 640–654. DOI: 10.1080/14719037.2016.1192164.
27. Prem E. (2015) A digital transformation business model for innovation. *ISPIM Innovation Symposium* (p. 1). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).
28. Linders D. (2012) From e-government to we-government: Defining a typology for citizen coproduction in the age of social media. *Government Information Quarterly*, vol. 29, no 4, pp. 446–454. DOI: 10.1016/j.giq.2012.06.003.
29. Halmos A., Misuraca G., Viscusi G. (2019) From public value to social value of digital government: Co-creation and social innovation in European Union initiatives. Proceedings of the *52nd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2019), Maui, Hawaii, 8–11 January 2019*, pp. 2974–2983. DOI: 10.24251/HICSS.2019.360.
30. Kelly G., Mulgan G., Muers S. (2002) *Creating public value: An analytical framework for public service reform*. London: Strategy Unit, Cabinet Office.
31. Toots M., McBride K., Kalvet T., Krimmer R., Tambouris E., Panopoulou E., Kalampokis E., Tarabanis K. (2017) A framework for data-driven public service co-production. Proceedings of the *16th International Conference on Electronic Government (EGOV), St. Petersburg, Russia, 4-7 September 2017*, pp. 264–275. DOI: 10.1007/978-3-319-64677-0_22.
32. Al-Yafi K., El-Masri M. (2016) Gamification of e-government services: A discussion of potential transformation. Proceedings of the *Twenty-second Americas Conference on Information Systems, San Diego, California, US, 11–14 August 2016*, pp. 1–9.
33. Misuraca G., Viscusi G. (2015) Shaping public sector innovation theory: an interpretative framework for ICT-enabled governance innovation. *Electronic Commerce Research*, vol. 15, no 3, pp. 303–322. DOI: 10.1007/s10660-015-9184-5.
34. Joseph B.K. (2018) Designing effervescent e-government solutions: Lessons from a developing world context. *International e-government development*. Cham: Palgrave Macmillan, pp. 187–211. DOI: 10.1007/978-3-319-63284-1_8.
35. Boonmee C. (2017) Mail–doc–web: A technique for faster, cheaper and more sustainable digital service development. Proceedings of the *7th European Conference on Digital Government (ECDG 2017), Lisbon, Portugal, 12–13 June 2017*, pp. 36–46.
36. Kyakulumbye S., Pather S., Jantjies M. (2019) Towards design of citizen centric e-government projects in developing country context: the design-reality gap in Uganda. *International Journal of Information Systems and Project Management*, vol. 7, no 4, pp. 55–73. DOI: 10.12821/ijispm070403.
37. Al Helal E., Mokhtar H. (2018) Towards smart Riyadh: Riyadh Wiki information and complaining system. *International Journal of Managing Information Technology*, vol. 10, no 2, pp. 95–106. DOI: 10.5121/ijmit.2018.10206.

About the authors

Ebenezer Agbozo

Senior Lecturer, Ural Federal University, 19, Mira Street, Yekaterinburg 620002, Russia;
E-mail: eagbozo@urfu.ru;
ORCID: 0000-0002-2413-3815

Alexander N. Medvedev

Cand. Sci. (Tech.);
Associate Professor, Ural Federal University, 19, Mira Street, Yekaterinburg 620002, Russia;
E-mail: a.n.medvedev@urfu.ru

Практические аспекты проектного обучения при изучении дисциплины «Проектирование информационных систем»

Р.Д. Гутгарц 

E-mail: gutgarc@gmail.com

Иркутский национальный исследовательский технический университет
Адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83

Аннотация

Анализ современных публикаций по тематике проектного обучения в вузе показал, что их можно разделить на две части. Первая часть посвящена теоретико-методическим вопросам и ее авторами в основном являются специалисты педагогического профиля. Вторая часть – это конкретные примеры применения обозначенной технологии обучения в разных предметных областях, включая технические специальности. В литературе также представлены приложения по организационно-технологическим аспектам внедрения проектного обучения в образовательный процесс в вузе. Авторами работ второй части являются преподаватели специализированных дисциплин по соответствующему профилю обучения (медицина, техника, творчество, экономика и др.). В предлагаемой статье приведен пример использования элементов проектного обучения еще в советской высшей школе для обучения студентов со специализацией «Информационные технологии» и их проекция на современную образовательную платформу. Целью исследования является рассмотрение некоторых методических вопросов и практических рекомендаций по применению метода проектов для студентов профилей обучения, которые связаны с изучением дисциплин, ориентированных на проектирование информационных систем. Результатом исследования являются рекомендации в области внедрения проектного обучения межпрофильного характера, в частности, участие студентов, обучающихся по экономическим специальностям, в проектах по созданию информационных систем соответствующего назначения. Также даны рекомендации по распределению ролей студентов и выполняемых ими функций в условиях командной работы над проектом.

Ключевые слова: информационные системы; проектный подход к обучению; компетенции; проектирование информационных систем; примеры проектного обучения; участники проектного обучения.

Цитирование: Гутгарц Р.Д. Практические аспекты проектного обучения при изучении дисциплины «Проектирование информационных систем» // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 1. С. 51–61.
DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.51.61

Введение

В течение последних нескольких лет в терминологии процесса обучения всех уровней стали активно применяться два термина: «проектное обучение» и «компетенции». Однако проектное обучение до сих пор воспринимается как одна из нетрадиционных педагогических технологий, хотя пропагандируется для повсеместного использования, особенно при получении высшего образования [1]. По тематике проектного обучения имеется достаточно большое количество публикаций. Например, в Научной электронной библиотеке (<https://elibrary.ru>) по состоянию на 5 января 2020 г. было представлено 180649 таких работ.

Краткий анализ информационных источников по обозначенной тематике применительно к обучению в вузе показал, что в них отражены следующие особенности:

1. Основные характеристики и особенности проектного обучения кратко изложены, например, в работах [2–4];

2. Внедрение проектной технологии в образовательный процесс показано с точки зрения приоритетного направления педагогической деятельности [5];

3. Проектная деятельность представляется как наиболее популярный и эффективный метод организации работы с обучающимися [3]. При этом данный вид деятельности не является принципиально новым, и в работе [3] имеется ссылка на то, что идея проектного обучения возникла в США еще в XIX веке;

4. На внедрение проектного обучения для студентов влияют такие внешние факторы, как развитие науки, техники, экономики, организации производства [4];

5. Проектный метод рассматривается как оптимальное средство активизации мотивации к обучению у современной молодежи [6];

6. Проектная деятельность трактуется как один из инновационных методов обучения [7–9];

7. Проектное обучение представляется как одна из интерактивных педагогических технологий, направленных на реализацию личностно-ориентированного подхода к методике преподавания [10];

8. Приводятся примеры применения проектного метода обучения, например, в рамках направления бакалавриата «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» [10], в програм-

мах бакалавров робототехнического профиля [11], дисциплины «Компьютерные технологии в документационном обеспечении управления» для специальности «Менеджмент (по отраслям)» [1], на курсах по энергосистемам факультета электромеханики в университете штата Колима в Мексике [12]. Также излагаются опыт и методическая основа использования проектного обучения (например, в Сибирском индустриальном университете [13] и в зарубежной практике [14]). В настоящее время опыта применения проектного обучения в российских вузах еще недостаточно. Тем не менее, например, Уральский федеральный университет уже накопил определенный опыт и делится им путем проведения онлайн-обучения;

9. Проектное обучение понимается как модель, внедряемая в образовательный процесс вместо традиционной технологии обучения и принципиально меняющая при этом процесс получения образования [15];

10. Проектное обучение воплощает в себе идею развивающего обучения [16].

1. Пример использования элементов проектного обучения в техническом вузе

Из перечисленных особенностей особо хочется отметить инновационную составляющую проектного обучения. Термин «инновации» на современном этапе развития экономики применительно к управленческой практике стал активно употребляться сравнительно недавно. Однако элементы проектного обучения использовались уже давно. В качестве примера можно привести опыт Иркутского политехнического института (в настоящее время – Иркутский национальный исследовательский технический университет), где при кафедре электроники и вычислительной техники с начала 70-х гг. до начала 90-х гг. прошлого века существовала отраслевая научно-исследовательская лаборатория АСУП (ОНИЛ АСУП), которая занималась проектированием, разработкой и внедрением АСУ (в классической подсистемной структуре) на семи предприятиях электротехнической промышленности. При этом все проектные решения были, по сути, типовыми и только дорабатывались с учетом специфики каждого предприятия. В современной терминологии по реализованной функциональности такая АСУП частично соответствовала совокупности задач следующих видов си-

стем: CAD/CAM + MRPII + CRM + MES + HRM + EAM + BI. Практически все студенты, которые обучались по специальностям «Автоматизированные системы управления» и «Механизированная обработка экономической информации» принимали участие в проектных решениях по всем подсистемам. Участие в проектах начиналось с третьего курса и заканчивалось написанием и защитой дипломного проекта. После окончания вуза некоторые выпускники оставались работать в лаборатории. Сотрудники ОНИЛ АСУП на условиях почасовой оплаты проводили занятия со студентами. Это могла быть либо учебная дисциплина в целом, либо отдельные виды занятий, либо некоторые разделы или темы. Такое сотрудничество было взаимовыгодным. С одной стороны, студенты были причастны к выполнению реальных проектов, учились работать в команде и даже общаться с заказчиками в период прохождения производственной практики, которая проходила на тех же предприятиях, для которых создавались АСУ. С другой стороны, для ОНИЛ АСУП появлялась возможность привлекать дополнительных работников и сокращать длительность проектов. Кроме того, почти все преподаватели кафедры также участвовали в проектах. За 20-летнюю историю на базе тематики ОНИЛ АСУП ее сотрудниками было защищено 19 кандидатских диссертаций, а впоследствии эта научно-практическая база стала основой для пяти докторских диссертаций.

К сожалению, на текущий момент подобная практика редко имеет место. Сейчас присутствие в вузах специализированных подразделений (центров, лабораторий), деятельность которых ориентирована только на выполнение хоздоговоров и (или) грантов, не имеет повсеместного распространения.

Одна из особенностей проектирования и разработки информационных систем в настоящее время заключается в обособлении такого вида проектной деятельности в самостоятельное направление. Для него характерно создание типизированных проектных решений и их адаптация под условия конкретного предприятия путем настройки совокупности параметров и (или) дополнительного программирования (пример – 1С:Предприятие). Сейчас типовые проектные решения по автоматизации управленческой деятельности корпоративного уровня предлагаются на рынке функционального программного обеспечения в модульной интерпретации и могут быть приобретены любым заинтересованным пользователем.

Тем не менее, использование принципов проектного обучения сохранилось на кафедре до сих пор. На всем протяжении существования кафедры (более 50 лет) не выполнялось одинаковых дипломных проектов. Фактически, большинство студентов, начиная со второго (или третьего) курса, выбирают тему будущей выпускной квалификационной работы (ВКР) и, таким образом, все лабораторные работы по специальным дисциплинам выполняют по определенной тематике. В качестве примера приведем несколько тем ВКР за последние годы:

- ◆ «Система автоматизированного учета документов архивного фонда РФ в организациях-источниках комплектования»;
- ◆ «Автоматизированная система для студенческого медиацентра ИРНИТУ»;
- ◆ «Информационная система для школы современной хореографии «Шаги»»;
- ◆ «Автоматизированная система учета рейтинга культурно-творческой деятельности студентов»;
- ◆ «Автоматизированная система управления заказами в диспетчерской службе предприятия БЕТОН-СТРОЙ»;
- ◆ «Автоматизированное рабочее место менеджера по работе с клиентами для фирмы «1-Мегамир»»;
- ◆ «Онлайн-сервис для приема заявлений абитуриентов в ИРНИТУ».

2. Аспекты взаимодействия студентов разных профилей при проектном обучении

В рамках университетов, где готовят специалистов по проектированию информационных систем (ИС) и, например, экономистов, проекты могут быть межпрофильными. Взаимодействие между студентами разных направлений подготовки способствует развитию междисциплинарных коммуникаций и представляет собой трансдисциплинарный подход [4].

Такое сотрудничество полезно с двух сторон. С одной стороны, разработчики ИС экономического назначения приобретут неоценимый опыт общения с реальными заказчиками и понимания их функциональных потребностей. С другой стороны, студенты экономических специальностей, которые в своей профессиональной деятельности неизбежно будут пользоваться соответствующими ИС, смогут научиться корректно формулировать функциональные требования к ним. Это могут быть тре-

бования как к принципиально новым, так и к уже функционирующим системам в целях развития их функциональности (если проект имеет такую направленность). «Теперь создание информационной системы – задача не только программистов при редком участии руководства, но и экономических служб, включенных в разработку модулей системы» [17].

Этап формирования функциональных требований в проектировании ИС является начальным и чрезвычайно важным. От качества его результатов будет зависеть время реализации и стоимость проекта. Кроме того, студенты экономического профиля будут принимать участие в тестировании проектируемых ИС и критически оценивать предлагаемые решения в практическом профессиональном аспекте. Это, в свою очередь, позволяет, во-первых, видеть свои ошибки, которые были допущены на начальном этапе работы с требованиями. Во-вторых, имеется возможность протестировать реализацию требований в условиях создаваемой ИС, а также корректировать их по мере необходимости. В-третьих, студенты экономических специальностей могут проанализировать инструкции для пользователей и порекомендовать, каким образом их целесообразно редактировать, чтобы в случае появления проблем при работе с системой некоторые из них они могли самостоятельно и оперативно устранить. Грамотно составленная инструкция для пользователя является его незаменимым помощником при эксплуатации ИС.

Студенты экономических специальностей также могут участвовать в создании презентации проекта и представлять его для соответствующей аудитории. Таким образом, будут приобретаться навыки публичного тематического выступления и владения смежной терминологией из сферы информационных технологий (ИТ).

Участие в проектах по созданию ИС студентов экономических специальностей позволит сократить разрыв между принципиально разными предметными областями – ИТ и сферой экономики. Именно терминологическая разобщенность на всем протяжении реальных проектов (и особенно на их начальном этапе) часто приводит к тому, что примерно 2/3 проектов не имеют должного завершения и либо прекращаются досрочно (по причине того, что выявляется нецелесообразность их продолжения), либо заканчиваются не с тем результатом, который был нужен заказчику.

В частности, при освоении дисциплины «Проектирование информационных систем» в качестве проектов могут быть выбраны следующие:

1. Небольшие по функциональности ИС оригинального назначения, инициированные сторонним заказчиком (например, системы учета, контроля, анализа, расчетов) и не имеющие типовых проектных решений, которые представлены на рынке функционального ПО, т.е. не учитывающие конкурентные преимущества конкретной организации. К числу таких систем можно отнести создание хранилищ данных по экономическим аспектам деятельности предприятия или организации;

2. ИС для специализированных научных организаций (включая научные подразделения вузов), если такие системы не включают в себя алгоритмы, относящиеся к ноу-хау. Это могут быть системы, предназначенные для выполнения специализированных расчетов и анализа полученных результатов;

3. Отдельные компьютерные программы, основанные на применении корректных алгоритмов, но реализованные на морально устаревшей инструментальной базе (СУБД, язык программирования, технологии хранения и представления информации, интерфейс).

В работе [18] приводится классификация проектов по их характеру на макроуровне. Согласно таким рекомендациям, проекты по созданию ИС могут рассматриваться как:

- ◆ поисковые (поиск и анализ пригодности аналогичных готовых проектных решений);
- ◆ творческие (любое проектирование ИС обязательно содержит элементы творчества, поскольку, помимо формальных алгоритмов, включает, например, проектирование интерфейса);
- ◆ прикладные (ИС всегда создается применительно к какой-либо предметной области);
- ◆ ролевые (члены команды в проекте должны обладать разной специализацией и взаимодействовать друг с другом, поскольку в итоге должен получиться один программный продукт).

3. Особенности изучения дисциплины «Проектирование информационных систем» в контексте проектного обучения

При изучении дисциплины «Проектирование информационных систем» студенты должны по-

лучить теоретические знания в области процесса проектирования как такового, по методическим аспектам и по применению специальных инструментальных средств, а также приобрести навыки по созданию проектных решений на всех этапах проектирования с учетом составления сопутствующей проектной документации. При этом возможно два принципиальных подхода к освоению дисциплины.

Первый подход предусматривает следующее:

- ◆ изучение теоретических основ проектирования ИС, стадий (этапов) канонического процесса проектирования и их содержания, а также инструментальных средств, используемых при проектировании;

- ◆ приобретение навыков применения полученных знаний на практике, т.е. подготовка отдельных проектных решений и их реализация.

Второй подход имеет следующие особенности:

- ◆ инструментальные средства, используемые для проектирования ИС, а также теоретические вопросы изучаются в рамках специальных дисциплин (например, «CASE-средства», «Web-программирование», «Информационные технологии», «Объектно-ориентированное программирование», «Сети и телекоммуникации», «Технологии разработки программных комплексов», «Организация ЭВМ и сетей», «Управление данными», «Теоретические основы автоматизированного управления» и др.);

- ◆ на практике выполняется проектирование ИС (по индивидуальному заданию) при использовании ранее изученных и освоенных инструментальных средств, включая основные работы по каждой стадии. Также осуществляется программная реализация отдельных проектных решений с сопровождением инструкцией по ее эксплуатации (для системного программиста или администратора) и инструкцией для конечного пользователя.

Если придерживаться первого подхода, то студенты при изучении дисциплины «Проектирование ИС» приобретают совокупность различных знаний, умений и навыков по всем основным аспектам проектной деятельности применительно к созданию ИС. Студент получает некоторый «стартовый капитал». Тем не менее, глубина освоения материала будет явно недостаточной для того, чтобы быть готовым к самостоятельной проектной работе.

Однако обучение на основе первого подхода может быть вполне уместным, если данная дисциплина является одной из дисциплин учебного плана по профессиональным направлениям, не связанным с ИТ-сферой. Например, обучение по экономическим специальностям не требует глубокого погружения в тематику проектирования ИС. Тем не менее, студенты должны иметь представление о том, что необходимо учитывать при создании ИС экономического назначения.

На наш взгляд, изучение дисциплины «Проектирование ИС» целесообразно рассматривать в рамках второго подхода, т.е. уделять внимание изучению инструментальных средств и других специализированных вопросов в рамках специальных дисциплин. Это позволит студентам получить более углубленные знания в соответствующих предметных областях.

Таким образом, усвоение дисциплины «Проектирование информационных систем» будет опираться на уже полученные студентами знания, а также на приобретенные ими умения и навыки. Тогда интерес будет сосредоточен на процессе проектирования как таковом, т.е. на содержании всех этапов проектирования, с учетом рассмотрения отдельных аспектов составления проектной документации, сопровождающей каждый из них.

Результатом обучения будет реальный проект, связанный с какой-либо ИС. При этом процесс обучения основывается на применении практико-ориентированных технологий. В таких условиях студент может в полной мере проявить на практике свои творческие способности и умения, а также применить знания, полученные при освоении смежных дисциплин. Роль преподавателя сводится к выполнению двух основных функций: 1) выступать в роли заказчика проекта и критически анализировать его промежуточные стадии выполнения; 2) выступать в роли аналитика-консультанта и своевременно корректировать вектор выполнения проекта.

4. Описание основных участников процесса внедрения проектного обучения для изучения дисциплины «Проектирование информационных систем»

Рассмотрим распределение ролей, функций и ответственности участников проекта на примере создания ИС организационно-управленческого типа.

Такого рода проекты по определению являются прикладными. Команду из студентов для выполнения подобного проекта желательно формировать в соответствии со спецификой обеспечивающих и функциональных подсистем.

4.1. Подсистема организационного обеспечения

Ментор и тьютор: преподаватель. Обосновывает и формализует тему проекта, интересную для студентов и соответствующую направлению подготовки. Темы могут основываться на результатах производственной практики, предлагаться выпускниками профильного направления, уже работающими по специальности, инициироваться муниципальными службами, конкретными организациями, другими кафедрами вуза. Обосновывает методологию проектирования (каноническая или RAD). Конкретизирует функциональность проекта. Дает рекомендации по формированию команды на основе общей профессиональной подготовки студентов к начальному моменту выполнения проекта. Курирует проект и при необходимости оказывает консультационную помощь.

Эксперт, он же может быть заказчиком проекта. В качестве эксперта может быть:

- ◆ представитель организации, в которой студент проходил производственную практику;
- ◆ выпускник, работающий по профилю специальности;
- ◆ представитель муниципальной службы;
- ◆ представитель конкретной организации или кафедры вуза, инициирующей проект.

Процесс обучения в вузе очень динамичный и привлекать экспертов, тьюторов и других специалистов «со стороны» весьма проблематично, поскольку эти люди заняты в реальном секторе экономики и не всегда могут присутствовать на занятиях в установленное время. Поэтому более разумно выбирать на эти роли преподавателей либо профилирующих кафедр, либо смежных.

Менеджер проекта. Составляет календарный план работ по проекту, организует и обеспечивает частные и общие встречи между всеми участниками проекта, распределяет работы, ведет учет выполненных работ, осуществляет контроль за соблюдением плана работ, регистрирует и разрешает возникающие проблемы, анализирует выполненные работы, регулирует при необходимости план работ. Для выполнения управленческих процессов использует специальное программное обеспечение по управлению проектами.

4.2. Подсистема информационного обеспечения

Студенты: будут специализироваться на проектировании базы данных, нормативно-справочной информации, интерфейсов, форм входных и выходных документов.

4.3. Подсистема программного обеспечения

Студенты: будут заниматься обоснованием и выбором программных средств для программной реализации проектных решений, их программированием, а также отладкой и тестированием готовых программ.

4.4. Подсистема математического обеспечения

Студенты: будут обосновывать при необходимости выбор математических и (или) экономико-математических методов, обеспечивающих реализацию специализированных алгоритмов.

4.5. Подсистема технического обеспечения

Студенты: будут заниматься проектированием совокупности технических средств, необходимых и достаточных для внедрения проекта на объекте автоматизации.

4.6. Функциональные модули

Студенты: будут выполнять аналитические работы (выявление и формализация функциональных требований к проекту, составление проектной документации, подготовка заданий для программистов, подготовка презентации по окончании проекта). Они обязательно должны использовать в своей работе CASE-средства для составления проектной документации.

Кроме того, в состав команды проекта могут входить:

- ◆ студенты, выполняющие роль тестировщиков (проверка готового программного обеспечения и составление рекомендаций по написанию инструкций для конечных пользователей и системного программиста (администратора), возможно, составление полных инструкций);
- ◆ студенты, выполняющие функции технических писателей (составление инструкций по использованию разработанного программного обеспечения и его технологическому сопровождению в процессе эксплуатации системы на объекте автоматизации).

Желательно, чтобы в процессе выполнения проекта роли среди студентов периодически перераспределялись. В этом случае студенты смогут хотя бы

частично освоить все виды работ в рамках каждой роли. В результате они будут иметь представление о специфике содержательной части проекта в целом.

5. Взаимосвязь проектного обучения и компетентностного подхода

В работе [7] подчеркивается, что в настоящее время к работникам предъявляются такое требование, как способность к проектной деятельности, и это является одной из требуемых компетенций. Если говорить о студентах вузов, то данная способность будет формироваться автоматически, если процесс изучения дисциплин в учебном плане изначально основан на технологии проектного обучения.

При сравнении квалификационного и компетентностного подходов в образовании в работе [19] внимание акцентируется на том, что для последнего характерны такие особенности, как творческий взгляд на решение проблем, возможность построения индивидуальной траектории обучения, интерактивность.

«Компетентностный подход нередко противопоставляется знаниевой парадигме образования» [19]. Автор обосновывает неоправданность такого взгляда, поскольку «... усвоение знаний и формирование компетенций не просто взаимно дополняют друг друга, но и тесно переплетены» [19].

В работе [20] отмечается, что существует около 400 определений компетенций. Однако достаточно подойти к этому вопросу с формальной точки зрения и обратиться к словарям. Изучив семантическое значение термина «компетенции», приведенные в работах [21–24], можно заключить, что термин «компетенция» является синтезом однозначной последовательности следующих этапов:

- 1) получение некоторой совокупности первичных знаний в заданной предметной области;
- 2) приобретение начальных навыков пользования полученными знаниями для решения задач в той же предметной области;
- 3) применение на практике освоенных навыков, способствующих приобретению определенных умений, которые совершенствуются по мере увеличения времени пользования полученными знаниями и приобретения опыта.

В процессе практического применения знаний, навыков и опыта генерируются новые знания, влияющие на необходимость корректировки имеющихся

навыков. Как следствие — появляется новый опыт. Таким образом, пока человек работает в профильной предметной области и позиционирует себя в ней в качестве специалиста (или даже эксперта), то его компетентностная составляющая развивается по спирали.

Поэтому наличие у студента определенной профессиональной компетентности фактически состоит в приобретении совокупности знаний, навыков и умений. Уровень опыта (как суммы знаний, навыков и умений) изначально не может быть очень высоким в силу возрастных ограничений.

Кроме компетенций, основанных на знаниях, студенты должны приобретать знания, навыки и умения в области оптимального распределения времени при выполнении личной работы, а также взаимодействия с другими студентами. Это позволит в будущем быстрее адаптироваться в трудовом коллективе и своевременно решать профессиональные задачи [25, 26].

Заключение

Технология обучения в вузе, основанная на применении метода проектов, позволяет решить следующие задачи:

1. Реагирование на быстрые изменения (формулирование требований к проекту имеет итерационный характер, в результате они могут редактироваться на всем протяжении проекта; для соблюдения установленных сроков проекта на корректировку требований нужно реагировать оперативно);
2. Перераспределение (при необходимости) ролей среди участников проекта;
3. Взаимодействие всех участников команды друг с другом (проектирование и разработка целостной информационной системы неизбежно к этому обязывает);
4. Проявление творческих способностей (в любом проекте неотъемлемой частью является его интеллектуальная составляющая).

Кроме того, выполнение одного проекта непременно способствует развитию коммуникативных связей между всеми участниками за счет необходимости непрерывного сотрудничества по самым разным вопросам.

Внедрение проектного обучения в образовательный процесс высшей школы не может и не должно пониматься как очередная кампания. Для

этого процесса характерны сложные информационные, организационные и технологические компоненты (междисциплинарное взаимодействие как на внутрикафедральном, так и на межкафедральном уровнях), которые потребуют определенного редактирования учебных планов и содержания отдельных дисциплин. Перемены такого рода, в свою очередь, очень зависят от стандартов (регламентов) со стороны Министерства науки и высшего образования. В этих стандартах для ряда дисциплин, которые являются обязательными, очень

жестко задан объем часов для их освоения. Поэтому вузы имеют существенные ограничения при составлении своих учебных планов.

Таким образом, реализация проектного обучения на практике потребует, во-первых, редактирования стандартов со стороны министерства, во-вторых, делегирования вузам большей самостоятельности при составлении учебных планов, в-третьих, учета и обмена уже наработанным опытом на регулярной основе. ■

Литература

1. Шаповалова М.С. Особенности использования проектного обучения информационным дисциплинам в рамках ФГОС ВПО // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. 2014. № 10. С. 413–423. [Электронный ресурс]: <http://engineering-science.ru/doc/728379.html> (дата обращения 19.12.2019).
2. Галченко А.С., Габова М.П., Софьина В.Н., Расторгуева П.А. Проектное обучение студентов и руководителей как условие эффективного обучения проектному управлению // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2018. № 2. С. 161–163.
3. Гладкова М.Н., Ваганова О.И., Смирнова Ж.В. Технология проектного обучения в профессиональном образовании // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 58–3. С. 80–83.
4. Гузанов Б.Н., Баранова А.А., Ловцевич Т.Л. Проектное обучение при транспрофессиональной подготовке в техническом вузе // Профессиональное образование и рынок труда. 2019. № 3–38. С. 44–52. DOI 10.24411/2307-4264-2019-10305.
5. Выскарева Т.А. Проектный метод обучения в системе вузовского образования // Современная высшая школа: инновационный аспект. 2011. № 1. С. 5–12.
6. Кенебаева Д.Б., Абдибекова Л.М., Бекенова Д.Б. Применение проектного метода обучения в рамках дисциплины «мультимедийные технологии» для обучающихся высшего учебного заведения // Сборник статей X Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в науке и образовании», г. Пенза, 20 января 2019 г. С. 47–49.
7. Кудинова О.С., Скульмовская Л.Г. Проектная деятельность в вузе как основа инноваций // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. [Электронный ресурс]: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27928> (дата обращения: 11.12.2019).
8. Ковров В.В. Проектная деятельность как инновационный ресурс в обеспечении качества профессиональной подготовки студентов в вузе // Проблемы современного педагогического образования. 2019. № 62–2. С. 119–121.
9. Нурмаганбетова М.С. Проектное обучение как один из инновационных методов обучения // Сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции «Молодежь и государство: научно-методологические, социально-педагогические и психологические аспекты развития современного образования. Международный и российский опыт», г. Тверь, 23–30 октября 2017 г. С. 80–85.
10. Комарова Л.В. Достижение качества обучения как результат освоения проектных технологий в профильном обучении // Современная высшая школа: инновационный аспект. 2014. № 4. С. 91–95.
11. Шахтарин Б.И., Вельтишев В.В. Проектное обучение в программах бакалавров робототехнического профиля // Научный Вестник МГТУ ГА. 2016. Т. 19. № 05. С. 54–60.
12. Virtual instrumentation based learning methodology for teaching power system measurement and protection / R.J. Betancourt [et al.] // Computer Applications in Engineering Education. 2019. Vol. 27. No 6. P. 1555–1570. DOI: 10.1002/cae.22170.
13. Проектное обучение как инструмент интеграции деятельности вуза в образовательное пространство региона (опыт внедрения технологии проектного обучения в СИБГИУ) / Е.В. Протопопов и [др.] // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. № 4 (22). С. 63–69.
14. Souza M., Moreira R., Figueiredo E. Students perception on the use of project-based learning in software engineering education // Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES 2019). Salvador, Bahia, Brazil. 23–27 September 2019. P. 537–546. DOI: 10.1145/3350768.3352457.
15. Сычева С.М., Арзуманова Р.А. Проектное обучение — ключ к подготовке успешного специалиста // Вестник университета. 2019. № 6. С. 32–37. DOI 10.26425/1816-4277-2019-6-32-37.
16. Филиппов В.М. Подготовка диссертации должна даваться трудно, а защита проходить просто и легко // Высшее образование сегодня. 2019. № 9. С. 2–7. DOI: 10.25586/RNU.HET.19.09.P02.
17. Виноградова Е.Ю. Актуальные вопросы проектирования и реализации корпоративных систем поддержки принятия управленческих решений на предприятии // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2018. № 1. С. 102–111. DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2018-1/102-111>.
18. Фатеева И.А., Канатникова Т.Н. Метод проектов как приоритетная инновационная технология в образовании // Молодой ученый. 2013. № 1. С. 376–378.

19. Головятенко Т.А. Профессиональная компетентность преподавателя вуза как проблема // Высшее образование сегодня. 2019. № 10. С. 15–19. DOI: 10.25586/RNU.HET.19.10.P.15.
20. Корчемный П.А. Проблема компетентностного подхода с позиции деятельностного подхода как методологического основания в российском образовании // Междисциплинарные исследования в психологии безопасности и их современное состояние: материалы VIII Межрегионального симпозиума с международным участием / под науч. ред. Е.Б. Перелыгиной. Екатеринбург: Гуманитарный университет. 2017. С. 176–188.
21. Локшина С.М. Краткий словарь иностранных слов. М.: Русский язык, 1988.
22. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка: около 100000 слов, терминов и фразеологических выражений. М.: Оникс, 2010.
23. Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А. Энциклопедический словарь. Общество и государство. Правители и полководцы. Народы и страны. М.: ЭКСМО, 2004.
24. Большой энциклопедический словарь: более 100000 статей, свыше 4000 иллюстраций / Под ред. И.К. Лапина и [др.]. М.: АСТ, 2006.
25. Чеботарев В.Г., Громов А.И. Автоматизация процесса обучения // Бизнес-информатика. 2014. № 4 (30). С. 45–52.
26. Жаров В.К., Таратухина Ю.В. Особенности функционирования информационно-образовательной среды современной высшей школы // Бизнес-информатика. 2014. № 2 (28). С. 44–50.

Об авторе

Гутгарц Римма Давыдовна

доктор экономических наук;

профессор, Институт информационных технологий и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83;

E-mail: gutgarc@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9881-1976

Practical aspects of project-based learning in the study of the discipline “Developing information systems”

Rimma D. Gutgarts

E-mail: gutgarc@gmail.com

Irkutsk National Research Technical University
Address: 83, Lermontov Street, Irkutsk 664074, Russia

Abstract

Analysis of modern publications dealing with project-based learning at the university has shown that they can be divided into two parts. The first part is devoted to theoretical and methodological issues and its authors are mainly pedagogical specialists. The second part is concrete examples of the application of the indicated teaching technology in various subject areas, including technical specialties. The literature also presents applications on the organizational and technological aspects of introducing project-based learning in the educational process at the university. The authors of the second part are teachers of specialized disciplines in the corresponding field of study (medicine, technology, creativity, economics, etc.). This article provides an example of the use of elements of project-based education as early as in Soviet higher education when teaching students with a specialization in “Information Technology” and their projection on a modern educational platform. The purpose of the study is to consider individual methodological issues and practical recommendations for applying the project method for students of study profiles related to the study of disciplines focused on information systems (IS) design. The result of the study is to focus on the possibility of introducing project-based training within an interdisciplinary nature, in particular, the participation of students studying in economic specialties in projects for the creation of functional IS. Advice is given on the distribution of the roles of students and their functions in a team working on a project.

Key words: information systems; project approach to training; competencies; information systems design; examples of project training; participants in project training.

Citation: Gutgarts R.D. (2020) Practical aspects of project-based learning in the study of the discipline “Developing information systems”. *Business Informatics*, vol. 14, no 1, pp. 51–61. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.51.61

References

1. Shapovalova M.S. (2014) Peculiarities of using project-based training in information disciplines within the framework of the Federal State Educational Standards of higher education. *Science and Education. Bauman Moscow State University. Electronic journal*, no 10, pp. 413–423. Available at: <http://engineering-science.ru/doc/728379.html> (accessed 19 December 2019) (in Russian).
2. Galchenko A.S., Gabova M.P., Sofyina V.N., Rastorgueva P.A. (2018) Project training of students and managers as a tool for effective training in project management. *Modern Education: Content, Technologies, Quality*, no 2, pp. 161–163 (in Russian).
3. Gladkova M.N., Vaganova O.I., Smirnova Zh.V. (2018) The technology of project-based learning in professional education. *Problems of Modern Pedagogical Education*, no 58–3, pp. 80–83 (in Russian).
4. Guzanov B.N., Baranova A.A., Lovcevic T.L. (2019) Project-based training at trans-professional education in a technical university. *Professional Education and Labor Market*, no 3–38, pp. 44–52 (in Russian). DOI 10.24411/2307-4264-2019-10305.
5. Vyskareva T.A. (2011) Project method of teaching in the system of higher education. *Contemporary Higher Education: Innovative Aspects*, no 1, pp. 5–12 (in Russian).
6. Kenebaeva D.B., Abdibekova L.M., Bekenova D.B. (2019) Application of the project method of training in the framework of the discipline “Multimedia technologies” for students of higher education institutions. Proceedings of the *X International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Science and Education”, Penza, Russia, 20 January 2019*, pp. 47–49 (in Russian).
7. Kudinova O.S., Skulmovskaya L.G. (2018) Project activity at the university as a basis for innovation. *Modern Problems of Science and Education*, no 4. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27928> (accessed 11 December 2019) (in Russian).
8. Kovrov V.V. (2019) Project activity as an innovative resource in ensuring the quality of professional training of students at the university. *Problems of Modern Pedagogical Education*, no 62–2, pp. 119–121 (in Russian).
9. Nurmaganbetova M.S. (2017) Project education as one of the innovative methods of training. Proceedings of the *VII Russian Scientific and Practical Conference “Youth and the State: Scientific and Methodological, Socio-Pedagogical and Psychological Aspects of the Development of Modern Education. International and Russian Experience”, Tver, Russia, 23–30 October 2017*, pp. 80–85 (in Russian).
10. Komarova L.V. (2014) Achievement of quality of training as a result of development of project technologies in profile education. *Contemporary Higher Education: Innovative Aspects*, no 4, pp. 91–95 (in Russian).
11. Shakhtarin B.I., Veltischev V.V. (2016) Project training in bachelor programs in the field of robotics. *Civil Aviation High Technologies*, vol. 19, no 05, pp. 54–60 (in Russian).
12. Betancourt R.J., Gonz lez-López J.M., Espejo E.B., P rez-González M.A., Laureano E.V., Ledesma J.A. (2018) Virtual instrumentation based learning methodology for teaching power system measurement and protection. *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 27, no 6, pp. 1555–1570. DOI: 10.1002/cae.22170.
13. Protopopov E.V., Feoktistov A.V., Temlyantsev M.V., Gordeeva O.V., Vasilieva M.B. (2017) Project training as a tool for integrating an university’s activities into the regional educational space (experience in implementing project training technology at SIBGIU). *Bulletin of the Siberian State Industrial University*, no 4 (22), pp. 63–69 (in Russian).
14. Souza M., Moreira R., Figueiredo E. (2019) Students perception on the use of project-based learning in software engineering education. Proceedings of the *XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES 2019), Salvador, Bahia, Brazil. 23–27 September 2019*, pp. 537–546. DOI: 10.1145/3350768.3352457.
15. Sycheva S.M., Arzumanova R.A. (2019) Project training as a key to preparing a successful specialist. *Vestnik Universiteta*, no 6, pp. 32–37 (in Russian). DOI 10.26425/1816-4277-2019-6-32-37.
16. Filippov V.M. (2019) Preparation of a dissertation should be difficult, and the defense should be simple and easy. *Higher Education Today*, no 9, pp. 2–7 (in Russian). DOI: 10.25586/RNU.HET.19.09.P.02.
17. Vinogradova E.Yu. (2018) Current issues of designing and implementing corporate systems for supporting management decision-making at the enterprise. *Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management*, no 1, pp. 102–111 (in Russian). DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2018-1/102-111>.
18. Fateeva I.A., Kanatnikova T.N. (2013) Project method as a priority innovative technology in education. *Young Scientist*, no 1, pp. 376–378 (in Russian).
19. Golovyatenko T.A. (2019) Professional competence of a university teacher as a problem. *Higher Education Today*, no 10, pp. 15–19 (in Russian). DOI: 10.25586/RNU.HET.19.10.P.15.
20. Korchemny P.A. (2017) The problem of the competence approach from the position of the activity approach as a methodological basis in Russian education. Proceedings of the *VIII International Symposium “International Research in Psychology of Security and Their Modern State”, Ekaterinburg, Russia, 2017*, pp. 176–188 (in Russian).
21. Lokshina S.M. (1988) *Short dictionary of foreign words*. Moscow: Russian Language (in Russian).
22. Ozhegov S.I. (2010) *Explanatory dictionary of the Russian language: About 100,000 words, terms and phraseological expressions*. Moscow: Oniks (in Russian).

23. Brokgauz F.A., Efron I.A. (2004) *Encyclopedic dictionary. Society and the state. Rulers and generals. Peoples and countries*. Moscow: EKSMO (in Russian).
24. Lapin I.K., ed. (2006) *Large encyclopedic dictionary: More than 100,000 articles, more than 4,000 illustrations*. Moscow: ACT (in Russian).
25. Chebotarev V.G., Gromov A.I. (2014) Automating the learning process. *Business Informatics*, no 4, pp. 45–52 (in Russian).
26. Zharov V.K., Taratukhina Yu.V. (2014) Peculiarities of functioning of the information and educational environment of modern higher education. *Business Informatics*, no 2, pp. 44–50 (in Russian).

About the author

Rimma D. Gutgarts

Dr. Sci. (Econ.), Professor;

Irkutsk National Research Technical University, Institute of Information Technology and Data Analysis,
83, Lermontov Street, Irkutsk 664074, Russia;

E-mail: gutgarc@gmail.com

ORCID 0000-0001-9881-1976

Моделирование процессов глобализации с учетом структурных сдвигов на примере Алжира

Е.Д. Копнова 

E-mail: ekopnova@hse.ru

Л.А. Родионова 

E-mail: lrodionova@hse.ru

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

Аннотация

Работа посвящена моделированию процессов глобализации с учетом динамических связей между ними и структурных сдвигов в параметрах тенденций их развития. Актуальность исследования объясняется тем, что большинство работ по данной теме посвящено изучению влияния глобализации на отдельные показатели социально-экономического развития, и недостаточно внимания уделяется изучению формирования общего тренда глобализации и взаимовлияния ее составляющих. Последнее представляется особенно важным для развивающихся стран, для которых характерна сильная неоднородность этих составляющих в структуре глобализации, а также заметная изменчивость параметров в их тенденциях. Предложен подход коинтеграционного анализа процессов глобализации с учетом структурных сдвигов в тенденциях этих процессов. В качестве примера реализации данного подхода рассматривается моделирование динамики составляющих КОФ-индекса глобализации для Алжира за 1970–2015 годы. Стационарность процессов проверялась с помощью тестов единичного корня с учетом структурных сдвигов: Эндрюса–Зивота, Перрона для ряда с одним структурным сдвигом, Клементе–Монтанес–Рейеса и Ли–Стражисича для ряда с одним или двумя структурными сдвигами. Для тестирования на коинтеграцию использовался тест Йохансена для малых выборок с учетом экзогенных переменных. Наличие динамических связей подтверждалось путем сравнения прогнозов по векторной модели коррекции ошибками и одномерными моделями процессов с использованием теста Диболда–Мариано. Интерпретация моделей дается на основе оценок функции импульсного отклика и разложения дисперсии ошибки прогноза Холецкого. Полученные результаты свидетельствуют о том, что формирование КОФ-индекса глобализации для Алжира во многом объясняется взаимовлиянием его составляющих. Динамика политической и экономической глобализации формируется в результате взаимных изменений в сфере внешних экономических и политических связей. Роль международного сотрудничества в социальной сфере для двух других составляющих глобализации в Алжире оказывается невелика. При этом динамика социальной глобализации определяется за счет ее собственных составляющих. Предложенная в работе методология моделирования может быть применена к исследованию процессов глобализации в других странах мира с целью дальнейшего обоснования принятия политических решений.

Ключевые слова: КОФ-индекс глобализации; модель коинтеграции; структурные сдвиги; векторная модель коррекции ошибками; функция импульсного отклика; декомпозиция дисперсии ошибки прогноза.

Цитирование: Копнова Е.Д., Родионова Л.А. Моделирование процессов глобализации с учетом структурных сдвигов, на примере Алжира // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 1. С. 62–74. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.62.74

Введение

Всемирная глобализация стремительно развивается со второй половины XX века. По данным 2018 года, почти треть прироста мирового ВВП на душу населения обусловлена приростом уровня глобализации [1]. Результаты глобализации наиболее заметно проявляются в странах третьего мира, особенно в Африке [2], находя отражение в контексте новой модели экономического развития, предусматривающей повышение роли таких стран в мировой экономике [3]. Согласно прогнозам, Африка, которая сейчас вносит лишь 2% в мировой прирост валового мирового продукта, в грядущие два десятилетия даст более 75% прироста населения планеты, которое в условиях глобализации будет способно обеспечивать мировой рынок труда [4]. Процессы глобализации в странах Африки, определяя новые условия для взаимодействия социально-экономических и демографических факторов, не только открывают возможности, но и создают барьеры для роста благосостояния людей, усугубляя социальные и политические риски [5–8]. Принятие обоснованных решений в быстро и кардинально меняющейся социально-экономической среде требует ее оперативного мониторинга и объективного системного анализа.

Современные исследования по данной теме в основном посвящены оценке влияния глобализации на социально-экономическое развитие стран. Так, по данным Нигерии за 1980–2012 годы показано наличие динамических связей между иностранными инвестициями, международной торговлей и экономическим ростом [9]. По данным Туниса за 1983–2009 годы [10] показана неоднозначная роль экономической глобализации в формировании рынка труда. Существенная роль глобализации продемонстрирована в результате исследования детерминант уровня неравенства доходов по данным 68 африканских стран за 1990–2010 годы [11]. Результаты анализа данных 52 стран Африки за 1996–

2010 годы [12] указали на положительное влияние международной торговли и отрицательное влияние финансовой интеграции на уровень человеческого капитала.

Несмотря на имеющиеся конструктивные результаты статистического анализа данных, среди исследований, посвященных анализу глобализации в африканских странах, отсутствуют работы, посвященные изучению динамических связей между ее отдельными составляющими: экономической, политической, социальной. Не уделяется должного внимания прогнозированию глобализационных процессов. В большинстве работ речь идет об экономической глобализации, тогда как в этих странах велика роль двух других составляющих, особенно политической. Кроме того, в исследованиях недостаточное внимание уделяется проблемам изменчивости тенденции процессов глобализации, что может существенно влиять на результаты статистического анализа [13]. Таким образом, актуальным является развитие статистической методологии анализа глобализационных процессов в странах Африки с использованием инструментария, способного корректно учитывать взаимодействие процессов экономической, политической и социальной глобализации, а также особенности процессов в отдельных странах.

1. Информационная база исследования

Статистическая методика исследования процессов глобализации в Африке применялась на примере Алжира по данным временных рядов субиндексов КОФ-индекса глобализации [14] за 1970–2015 годы¹. Динамика выбранных показателей представлена на *рисунке 1*.

Из *рисунка 1* видно, что для Алжира наряду с очень заметным преобладанием политической составляющей в структуре КОФ-индекса глобализации наблюдается ее высокая вариативность. Данный показатель ведет себя особенно нестабильно в

¹ КОФ (Konjunkturforschungsstelle) Globalisation Index: <https://www.kof.ethz.ch/en/forecasts-and-indicators/indicators/kof-globalisation-index.html>

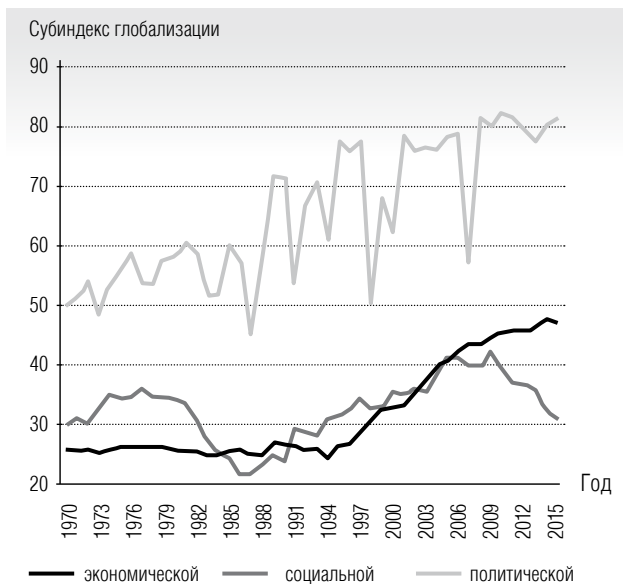


Рис. 1. Динамика субиндексов глобализации в Алжире, 1970–2015 годы

период 1987–2008 годы, известный массовыми беспорядками 1986–1988 годов, гражданской войной 1991–2002 годов [15] и последующей активизацией деятельности радикальных исламистов в 2006–2008 годы. Из рисунка видно, что для всех составляющих КОФ-индекса глобализации характерно наличие структурных сдвигов в параметрах тенденций их развития, причем заметно, что изменчивость тенденций для них имеет сходный характер.

2. Методика исследования

В основу методики исследования положена идея коинтеграционного анализа временных рядов с применением векторной модели коррекции ошибками (Vector Error Correction Model, VECM) [16] с учетом наличия структурных сдвигов в параметрах тенденций временных рядов. Для подтверждения выводов о наличии или отсутствии динамических связей и выборе модели для прогнозирования также использовалась методика сравнения прогнозов, полученных по многомерной модели и совокупности из трех одномерных моделей. Одна из этих совокупностей включала интегрированные модели авторегрессии – скользящего среднего (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA) [16]. Другая совокупность была составлена из моделей краткосрочного прогнозирования Хольта–Уинтерса (Holt–Winters Model, HWM) [17]. Использование моделей HWM было оправдано тем, что

они отличаются достаточно высокой прогностической способностью [18].

Пусть Y_t ($t = 1, 2, \dots, T$) – случайный процесс, порождающий временной ряд субиндексов экономической, политической и социальной глобализации на промежутке времени $[0, T]$: $Y_t = (pol_t ec_t soc_t)'$.

Процесс рассматривается в общем виде в форме модели:

$$Y_t = \mu_t \delta + X_t, \quad X_t = (X_{1t} X_{2t} X_{3t})'$$

$$\mu_t = (1 \ t \ D_{B_1} \ D_{B_2} \ DT_{B_1} \ DT_{B_2} \ DU_{B_1} \ DU_{B_2}), \quad \delta = (\delta_1 \dots \delta_8)'$$

где T_{B_j} – момент структурного сдвига.

$$D_{B_j} = \begin{cases} 1, & t \geq T_{B_j} \\ 0, & t < T_{B_j} \end{cases}, \quad DT_{B_j} = \begin{cases} t - T_{B_j}, & t \geq T_{B_j} \\ 0, & t < T_{B_j} \end{cases},$$

$$DU_{B_j} = \begin{cases} 1, & t = T_{B_j} \\ 0, & t \neq T_{B_j} \end{cases}, \quad j = 1, 2.$$

Рассматриваемые модели отличаются представлением процесса X_t :

$$\text{VECM: } \Delta X_t = \alpha \beta' X_{t-1} + \sum_{j=1}^p \Gamma_j \Delta X_{t-j} + U_t$$

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1}, \quad \alpha = \|\alpha_{ij}\|_{k \times r}, \quad \beta = \|\beta_{ij}\|_{k \times r},$$

$$\Gamma_j = \|\gamma_{is}\|_{k \times k}, \quad k = 3, \quad U_t = (U_{1t} \ U_{2t} \ U_{3t})'$$

где r – ранг коинтеграции,

$$U \sim N(0, I_T \otimes \Sigma_u), \quad U = (U_1 \dots U_T)'$$

$$\Sigma_u = \|\sigma_{ij}\|_{k \times k}, \quad cov[U_{it}, U_{js}] = \begin{cases} \sigma_{ij}, & t = s \\ 0, & t \neq s \end{cases}.$$

$$\text{ARIMA: } X_t = \sum_{j=1}^p \theta_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^q \pi_j U_{t-j}$$

$$U_{it} \sim N(0, \sigma_i^2),$$

$$cov[U_{it}, U_{is}] = \begin{cases} \sigma_i^2, & t = s \\ 0, & t \neq s \end{cases}.$$

$$\text{HWM: } Y_t = X_t + U_t.$$

X_t содержит детерминированную компоненту в форме линейного тренда: $\mu_{t,\tau} = \alpha_{0t} + \alpha_{1t}\tau$:

$$U_{it} \sim N(0, \sigma_i^2),$$

$$cov[U_{it}, U_{is}] = \begin{cases} \sigma_i^2, & t = s \\ 0, & t \neq s \end{cases}.$$

$$E[Y_{t+\tau} | Y_t] = \mu_{t,\tau}$$

$$\alpha_{0t} = \lambda_0 Y_t + (1 - \lambda_0)(\alpha_{0t-1} + \alpha_{1t-1}),$$

$$\alpha_{1t} = \lambda_1(\alpha_{0t} - \alpha_{0t-1}) + (1 - \lambda_1)\alpha_{1t-1},$$

λ_0, λ_1 – вектора, содержащие параметры адаптации.

Предварительно проверялась стационарность процессов, порождающих реализации рядов субиндексов. С использованием процедуры Доладо–Дженкинсона–Сосвилла–Ривьеро (Dolado, Jenkinson, Sosvilla-Rivero) [19] для каждого временного ряда применялись тесты на наличие единичного корня характеристического уравнения соответствующего процесса с учетом структурных сдвигов. В основу тестов положено тестовое уравнение расширенного теста Дики–Фулера (Augmented Dickey–Fuller, ADF-test). Структурные сдвиги учитывались включением в него фиктивных переменных. Использовались тесты Эндрюса–Зивота (AZ-тест) [20] и Перрона (P-тест) [21] для ряда с одним структурным сдвигом, а также тесты Клементе–Монтанес–Рейеса (Clemente, Montanes, Reyes, CMR-тест) [22] и Ли–Стражисича (Lee, Strazicich) (LS-test) [23, 24] для ряда с одним или двумя структурными сдвигами. Преимуществом P- и LS-тестов является то, что они преодолевают недостаток AZ- и CMR-тестов, которые часто, отвергая нулевую гипотезу, ошибочно приводят к выводу о стационарности для нестационарного со структурными сдвигами процесса и позволяют, таким образом, получить однозначный результат. Преимуществом P- и CMR-тестов является то, что они учитывают, как инновационные, так и аддитивные выбросы в рядах динамики, в то время, как LS-тест учитывает только аддитивные, а A-Z – только инновационные выбросы. Для сравнения в анализе использовались также классические тесты на стационарность без учета структурных сдвигов: ADF-, PP-, KPSS-тесты [16].

Для оценки параметров β коинтеграционного соотношения и модели коррекции ошибками α и Γ_j применялся подход Йохансена [25]. При тестировании на коинтеграцию использовалась модификация теста Йохансена для коротких выборок, предусматривающая наличие в модели детерминированных переменных и определяющая распределение тестовой статистики методом бутстрапа [26].

Модели VECM и ARIMA оценивались методом максимального правдоподобия и тестировались

с включением всех фиктивных переменных, соответствующих структурным сдвигам. Структурные сдвиги определялись по результатам тестов на стационарность, а также при визуальном анализе графиков. Оптимальная спецификация моделей подбиралась на основе критерия Шварца и соответствия модели ее предпосылкам. Остатки моделей тестировались на отсутствие автокорреляции и соответствие нормальному закону распределения (LM-тест Бреуша–Годфри, тест Жарка–Бера и их многомерные аналоги). Для остатков модели VEC применялась ортогонализация Дурника–Хансена [27]. Алгоритм краткосрочного прогнозирования HWM был реализован по критерию минимума среднеквадратической ошибки прогноза (Root Mean Square Error, RMSE).

Предположение об экзогенности i -го ($i = 1, 2, 3$) субиндекса глобализации проверялось путем тестирования значимости оценки коэффициента α_{ij} при i -й корректирующей переменной в VECM, а также использования теста Гренджера на причинность (Granger causality test) [16]. Тест Гренджера, проводимый в рамках модели VEC, также учитывал структурные сдвиги и корректирующий показатель $\beta' X_{t-1}$. Принимались во внимание результаты анализа структуры разложения дисперсии ошибки прогноза Холецкого для каждого субиндекса [28].

Прогнозные значения индексов определялись как условные математические ожидания модельных процессов с максимальным горизонтом прогноза, равным пяти годам. При анализе прогностической способности моделей использовалась рекурсивная схема расчета [29, 30]. Выбор оптимальной модели для прогнозирования определялся с применением расчета показателей ошибки внутри выборочного прогноза [31]. Статистическая значимость различия прогнозов для разных моделей тестировалась с использованием методики Диболда–Мариано [32]. Результаты сравнения внутривыборочных прогнозов использовались для подтверждения наличия динамических связей между субиндексами глобализации.

3. Результаты

3.1. Анализ стационарности субиндексов глобализации Алжира

Использование тестов ADF, PP, KPSS-тестов без учета структурных сдвигов для отдельных процессов ожидаемо дало противоречивые результа-

ты. Для всех субиндексов ADF- и PP-тестами гипотеза о нестационарности не отвергалась (кроме политического – для PP), в то время, как KPSS-тестом не отвергалась гипотеза о стационарности (на уровне значимости 5%). Поэтому в расчет принимались результаты тестирования процессов на стационарность с учетом структурных сдвигов. В *таблице 1*, в качестве примера приведены некоторые результаты такого анализа для субиндекса политической глобализации, для случая аддитивного структурного сдвига только в константе и включения в тестовую регрессию тренда и константы.

Из *таблицы 1* видно, что P-, LS- и CMR-тесты не отвергают нулевую гипотезу о нестационарности в предположении как одного, так и двух структурных сдвигов на уровне значимости 0,05, и практически однозначно определяют моменты сдвига. В P-тесте оценка коэффициента при переменной, определяющей структурный сдвиг, статистически незначима (t-статистика равна 0,198), и это соответствует некоторому расхождению в определении моментов сдвига. Результаты тестирования первых разностей для всех субиндексов свидетельствовали об их стационарности. Поэтому был сделан вывод о том, что указанные ряды являются реализациями интегрированных процессов первого порядка со структурными сдвигами в константе и (или) тренде.

3.2. Анализ динамических связей между субиндексами глобализации Алжира

Некоторые результаты коинтеграционного анализа приведены в *таблицах 2 и 3*. *Таблица 2* содержит результаты тестирования на коинтеграцию для случая наличия тренда только в долгосрочном соотношении с учетом трех лагов субиндексов и экзогенных переменных, характеризующих структурные сдвиги в тенденциях всех рядов. В данном примере включались две переменные для сдвига в константе: (D_{1995} и D_{1991}) одна переменная для сдвига в наклоне тренда (DT_{1987}) и три переменных для одномоментного скачка (DU_{1989} , DU_{1998} , DU_{2007}). В *таблице* указаны асимптотические P-значения для обеих статистик теста Йохансена (MacKinnon–Naug–Michelis, 1999) (*asy LR(trace)* и *asy LR(max)*), а также бутстраппированные (для 1000 наблюдений) P-значения для одной из них (*boot LR(trace)*). Последние здесь более адекватны, поскольку с их использованием учитываются структурные сдвиги и анализируемая выборка невелика. Из *таблицы* видно, что они указывают на одно коинтеграционное соотношение между субиндексами, тогда как асимптотические P-значения обеих статистик – на два (на уровне 0,05). Поэтому далее оценивалось именно одно коинтеграционное соотношение.

Оцененная VECM достаточно адекватно соответствовала данным, поскольку предположения о кор-

Таблица 1.

Результаты тестирования на стационарность субиндекса политической глобализации Алжира с учетом структурных сдвигов

Число структурных сдвигов	Показатели тестов	P-тест	LS-тест	CMR-тест
1	T-статистика	-2,434	-2,848	-1,004
	5% критический уровень	-4,860	-3,487	-3,560
	T-статистика для переменной сдвига	0,198	2,198	7,015
	Момент сдвига	2001	1996	1990
2	T-статистика	–	-2,923	-3,093
	5% критический уровень	–	-3,563	-5,490
	T-статистика для переменной первого сдвига	–	-2,524	3,351
	T-статистика для переменной второго сдвига	–	-3,405	2,942
	Моменты сдвигов		1990, 1998	1990, 1998

Примечания: 1. H_0 : процесс не стационарен при наличии структурных сдвигов, H_1 : процесс стационарен при наличии структурных сдвигов

2. В тестовое уравнение включалось 8 лагов

3. В тестах LS, CMR уровень урезания выборки составлял 10%.

Таблица 2.

Результаты тестирования субиндексов глобализации Алжира на коинтеграцию

Ранг коинтеграции / P-значение	asy LR(trace)	asy LR(max)	boot LR(trace)
0	0,000	0,000	0,000
1	0,020	0,019	0,092
2	0,426	0,415	0,260

ректности ее спецификации не отвергались. Так, P-value для статистики Рао-Фишера при проверке сериальной корреляции остатков составило 0,355, а для статистики χ^2 на нормальность – 0,989.

В таблице 3 приведены оценки параметров и показатели качества модели коррекции ошибками. В таблице 4 представлены соответствующие результаты тестирования на причинность по Гренджеру. На рисунке 2 отражены графики импульсных откликов каждого субиндекса на шоки в других субиндексах для 10 лет. На рисунке 3 показаны декомпозиции дисперсии ошибки прогноза субиндексов, усредненной по первому и второму пятилетию. Рисунки представлены в предположении суперпозиции Холецкого, в которой переменная, изменению которой предшествуют изменения всех других переменных, указывается последней в их последовательности, например, для отклика и декомпозиции дисперсии ошибки прогноза *pol* использовалась, соответственно, схемы: *soc-ec-pol*.

Из таблицы 3 по значениям коэффициента детерминации видно, что включенные переменные достаточно полно описывают краткосрочную динамику всех субиндексов. Оценки коэффициентов при переменных, соответствующих структурным сдвигам в тенденциях субиндексов, статистически значимы², что указывает на необходимость их учета в анализе. Незначимая оценка при корректирующем слагаемом в уравнении коррекции ошибками для субиндекса социальной глобализации указывает на слабую экзогенность этой переменной относительно параметров ВЕСМ, что означает, что при отклонении системы субиндексов глобализации от долгосрочного равновесия она не корректируется. Эта переменная не является строго экзогенной, поскольку для нее обнаруживается причинность по

Таблица 3.

Результаты оценивания модели коррекции ошибками для субиндексов глобализации Алжира

	Δpol_t	Δec_t	Δsoc_t
$\beta' X_{t-1}$	-0,458***	0,197***	
Δpol_{t-1}	-0,360***	-0,076**	-0,003
Δpol_{t-2}	-0,119	-0,081***	-0,005
Δec_{t-1}	1,653***	-0,061	0,063
Δec_{t-2}	1,602***	-0,449***	0,123**
Δsoc_{t-1}	-1,240	0,214	-0,025
Δsoc_{t-2}	-1,236	1,016***	0,089
D_{1991}	-7,359*	3,255***	-0,088
D_{1995}	5,603	-0,311	1,976***
DU_{1989}	10,888*	3,173*	2,734***
DU_{1998}	-27,860***	-4,151***	0,810
DU_{2007}	-25,184***	-1,242	-0,0564
DT_{1987}	-0,534**	0,201***	-0,047*
<i>Const</i>	15,022***	-6,020***	0,448
<i>BIC</i>	6,708	4,114	2,685
<i>R-sq</i>	0,850	0,721	0,706

Примечания:

1. Указан уровень значимости оценки параметров:
* - 10%, ** - 5%, *** - 1%
2. Оценки коэффициентов для $\beta' X_{t-1}$ представлены для случая нормализации на *pol*

Гренджеру со стороны субиндекса экономической глобализации. Это соответствует статистической значимости оценки коэффициента при Δec_{t-2} в указанном уравнении. Отклики этого субиндекса на шоки в экономической глобализации значимы, хоть и очень слабые (0,7 и менее), и около 20% дисперсии ошибки прогноза этого субиндекса обусловлена динамикой экономической глобализации. Отклики субиндекса социальной глобализации на шоки в субиндексе политической глобализации статистически незначимы. При этом влияние шоков социальной глобализации на политическую глобализацию статистически незначимо, на экономическую – хоть и значимо, но невелико (до 1,0). Поэтому можно говорить об относительной самостоятельности

² Здесь и далее принимался во внимание уровень значимости 0,05

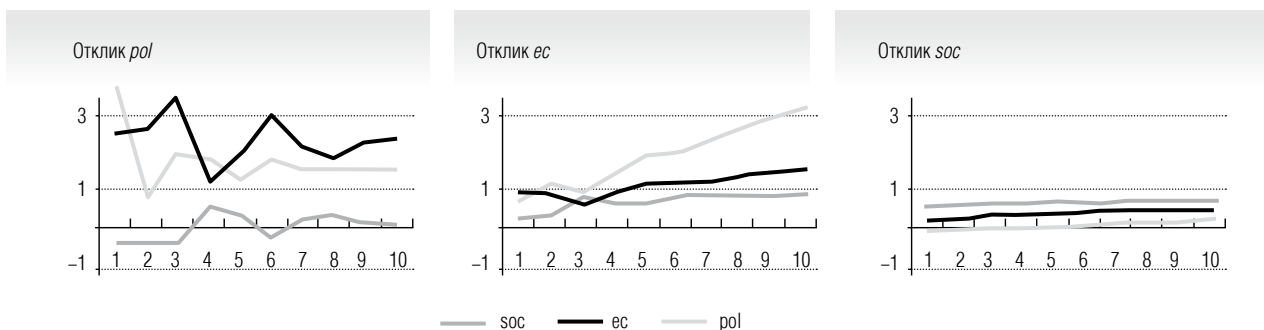


Рис. 2. Значения функций импульсных откликов субиндексов глобализации Алжира на шоки в них

социальной глобализации в стране, слабо реагирующей на изменчивость внешних экономических и политических связей и практически не оказывающей влияния на их развитие.

Субиндексы политической и экономической глобализации являются эндогенными переменными. В соответствии с результатами тестирования на причинность по Гренджеру они взаимно обуславливают друг друга в краткосрочной динамике. Судя по графикам импульсных откликов видно, что для политического субиндекса наиболее существенные отклики происходят в первой половине десятилетнего периода. Наибольший эффект имеет почти мгновенный отклик от собственных шоков. Шоки экономической глобализации влияют отсрочено и нестабильно, после 5-го лага показатель политической глобализации остается на новом, более высоком уровне. Такое неровное поведение откликов проявляется и в типичной изрезанности графика политического субиндекса (рисунок 1). Для субиндекса экономической глобализации отклик на шок в политической глобализации почти монотонно растет в течение всего десятилетия, достигая достаточно высокого уровня к концу десятилетия. Это соответствует тому, что в структуре взаимообусловленности политической и экономической глобализации, отражаемой декомпозицией дисперсии ошибки прогноза субиндексов, заметно перераспределение доли каждой составляющей при переходе от первого ко второму пятилетию. Из рисунка 3 видно, что роль внешнеполитических событий в формировании международных экономических связей в Алжире заметнее проявляется к концу десятилетия, что говорит о некоторой инерционности их воздействия. Этим, вероятно, можно объяснить современную тенденцию снижения уровня экономической глобализации вследствие резкого падения величины политической глобализации в 2007 году.

Также отметим, что результат применения подхода Йохансена без учета структурных сдвигов к анализируемым рядам не противоречил изложенному выше выводу о наличии одного коинтеграционного соотношения для такой же спецификации модели, однако, качество оцененной модели было гораздо хуже. Так, значение информационного критерия Шварца для такой модели было на 10% больше, а предпосылки о некоррелированности остатков и нормальности не выполнялись.

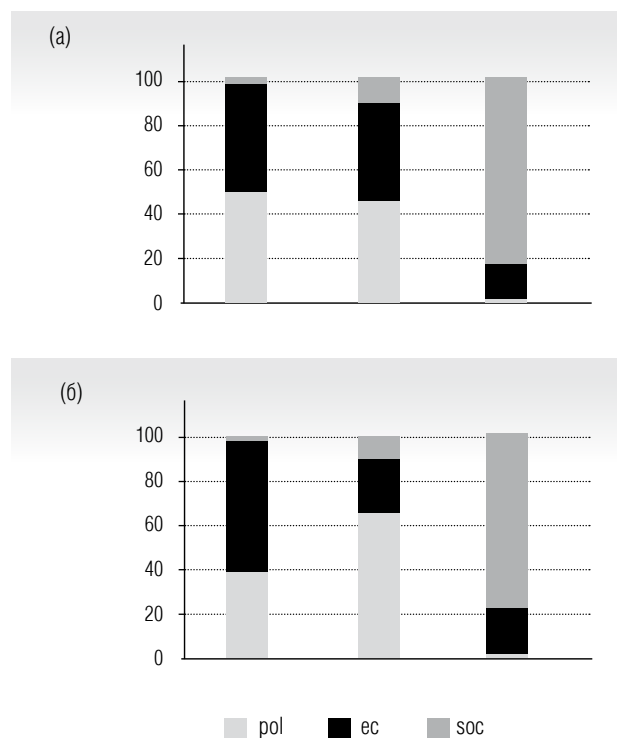


Рис. 3. Декомпозиция средней (за пять лет) дисперсии ошибки прогноза субиндексов глобализации Алжира а) первые пять лет; б) последние пять лет

Таблица 4.

**Результаты теста Гренджера
для субиндексов глобализации Алжира**

	χ^2 -статистика, <i>P</i> -значение		
	на Δpol	на Δec	на Δsoc
Δpol	–	0,005	0,928
Δec	0,000	–	0,049
Δsoc	0,166	0,000	–

Примечание:
В тестовых уравнениях использовалось два лага разностей субиндексов

**3.3. Прогнозирование субиндексов
глобализации Алжира**

Для подтверждения выявленных динамических связей, а также собственно для прогнозирования каждого субиндекса были построены модели ARIMA и HWM. В *таблицах 5 и 6* приведены некоторые результаты их оценивания. Из *таблицы 5* видно, что моменты структурных сдвигов в моделях ARIMA, в основном, совпадают с моментами, фигурирующими в модели VEC. Результаты тестирования остатков каждой модели указывают на достаточно корректный выбор спецификации.

Таблица 5.

**Результаты оценивания
ARIMA-моделей субиндексов
глобализации Алжира**

Субиндексы	<i>ec</i>	<i>pol</i>	<i>soc</i>
Экзогенные переменные	$DT_{1987},$ DT_{2007}	DU_{1998}	$D_{1995},$ $DT_{2007},$ DU_{1989}
<i>q</i>	1,3	1	0
<i>LM</i> -тест, 2 лага, <i>P</i> - значение	0,467	0,492	0,770
<i>JB</i> -тест, <i>P</i> -значение	0,942	0,067	0,374

В *таблице 6* приводятся значения оптимальных параметров сглаживания для HWM. По их малым значениям для *pol* видно, что при прогнозировании слабо учитывается текущая информация, что, возможно, приводит к недоучету структурных сдвигов в тенденции, особенно импульсных.

Таблица 6.

Результаты оценивания HWM

Параметры сглаживания	<i>ec</i>	<i>pol</i>	<i>soc</i>
λ_0	0,660	0,050	0,950
λ_1	0,610	0,090	0,290

В *таблице 7* приводятся результаты внутривыборочного прогноза на один год по всей выборке для трех моделей. Видно, что для VECM среднеквадратическая ошибка прогноза для всех рядов наименьшая. При этом MD-тест указывает на то, что разница между ошибками прогноза для VECM, ARIMA статистически значима для политической глобализации. Поскольку для экономической глобализации отклик на шоки в субиндексе политической глобализации отсроченный, то в статическом прогнозе он и не проявляется. При этом HWM все ряды прогнозирует хуже. И это опять свидетельствует в пользу корректного учета структурных сдвигов, потому что эта модель их в явном виде не учитывает.

Таблица 7.

**Результаты внутривыборочного
прогноза субиндексов глобализации
Алжира (1971–2015), RMSE**

Модель/ Субиндексы	<i>pol</i>	<i>ec</i>	<i>soc</i>
VECM	3,755	1,026	0,502
ARIMA	5,662	1,180	0,542
HWM	6,928	1,891	0,828
MD (для VECM, ARIMA)			
<i>P</i> -значение	0,009	0,219	0,117

В *таблице 8* представлены аналогичные результаты вневыборочного прогноза, рассчитанного по рекурсивной схеме. Снова, как и для внутривыборочного прогноза, для политической глобализации прогноз лучше для многомерной модели, по крайней мере, на 3 года. Хотя в соответствии с *P*-значениями статистики теста Мариано-Диболда, различие между RMSE статистически и незначимо. Для экономической и социальной глобализации субиндексы лучше прогнозируются

Таблица 8.

Результаты вневыборочного рекурсивного прогноза субиндексов глобализации Алжира (2011–2015)

Горизонт	ec			pol			ssoc		
	ARIMA	VEC	MD	ARIMA	VEC	MD	ARIMA	VEC	MD
1	1,208	1,934	0,138	9,766	5,807	0,313	0,730	0,822	0,413
2	1,605	4,205	0,012	10,435	7,855	0,328	0,862	0,909	0,441
3	1,787	6,508	0,000	12,508	11,349	0,386	1,328	1,444	0,112
4	2,746	9,855	0,000	12,411	13,412	0,962	1,925	2,062	0,298
5	4,030	13,938	0,000	11,440	16,393	0,489	2,634	2,903	0,211

по ARIMA-модели, причем, для экономической глобализации эта разница статистически значима. Возможно, здесь снова проявляется то, что влияние политической глобализации отсроченное, начинает ощутимо проявляться лишь во втором пятилетии.

На рисунке 6 представлен фрагмент рядов с 2001 по 2015 год с прогнозом на период до 2020 года. Сплошной линией указан прогноз по VECM, точками – по модели ARIMA, пунктиром – по алгоритму НВМ. Прогноз для КОФ-индекса глобализации рассчитывался как среднее арифметическое

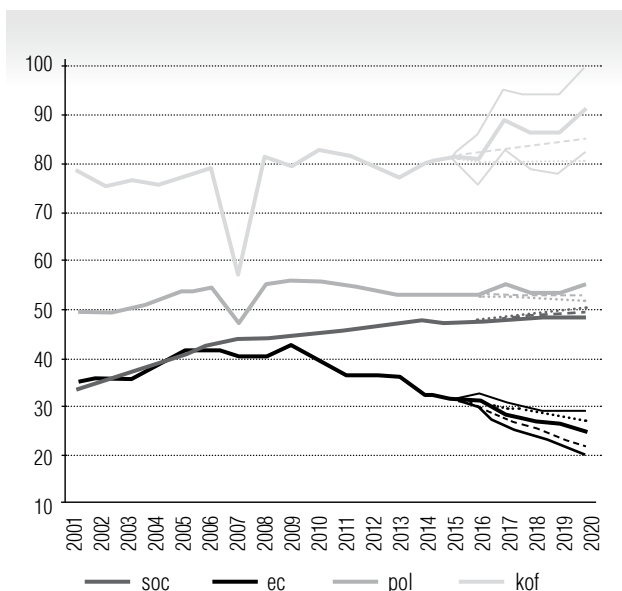


Рис. 6. Прогноз субиндексов глобализации Алжира до 2020 года

прогнозов отдельных субиндексов в соответствии с официальной методикой его расчета [14]. Серым цветом показан 80% доверительный интервал для прогноза субиндексов политической и экономической глобализации по VECM. Видно, что прогнозы для субиндекса экономической глобализации по всем трем моделям лежат в этом интервале. Возможно, это связано с тем, что остались в прошлом сильные шоки субиндекса политической глобализации, существенно влияющие на его поведение. Для политической глобализации прогнозы по моделям разнятся, и не всегда попадают в указанный доверительный интервал. Поведение ее прогностической кривой по VECM соответствует почти мгновенному отклику на шок в экономическом субиндексе, и это указывает на уязвимость политической глобализации и тенденцию к дальнейшему ее доминированию в структуре КОФ-индекса. Прогнозы по разным моделям для субиндекса социальной глобализации практически совпадают, что соответствует его относительной самостоятельности в системе субиндексов. Прогнозы для КОФ-индекса глобализации также практически совпадают, однако, график все-таки указывает на некоторое завышение прогноза по модели VECM.

Таким образом, формирование КОФ-индекса глобализации для Алжира во многом объясняется взаимовлиянием его составляющих. Слабый рост субиндекса политической глобализации формируется, в основном, в результате изменений в сфере внешних экономических и политических связей. Экономическая глобализация имеет отрицатель-

ную тенденцию. Прямое воздействие на нее политической глобализации, заметно проявляющееся в краткосрочной динамике, не способно переломить эту тенденцию, возможно, в силу сильной вариативности процесса политической глобализации. Стабилизация общего уровня глобализации в целом в этой стране обеспечивается положительной динамикой социальной глобализации, которая формируется практически самостоятельно, благодаря стремительному развитию социальных сетей и мобильной связи. Однако ее роль для политической и экономической интеграции в Алжире оказывается невелика.

Заключение

Апробация методики исследования с применением инструментария коинтеграционного анализа случайных процессов с учетом структурных сдвигов в параметрах их тенденций, а также сравнения прогностической способности одномерных и многомерных моделей указала на ее эффективность и возможность дальнейшего использования в подобных задачах. Данное исследование будет способствовать развитию методологии прогнозирования показателей глобализации в странах с нестабильной динамикой этих показателей. ■

Литература

1. Weiß J., Sachs A., Weinelt H. Globalization report 2018. Who benefits most from globalization. [Электронный ресурс]: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/en/publications/publication/did/globalization-report-2018/> (дата обращения: 20.04.2019).
2. Sufian F., Kamarudin F. The impact of globalization on the performance of banks in South Africa // *Review of International Business and Strategy*. 2016. Vol. 26. No 4. P. 517–542. DOI: 10.1108/ribs-02-2016-0003.
3. Абрамова И.О. Население Африки в новой глобальной экономике. М.: Институт Африки РАН, 2010.
4. World population prospects 2009. Washington: United Nations Department of Economic and Social Affairs. P. 44–48.
5. Kabbaj O. The challenge of African development. N.Y.: Oxford University Press, 2003.
6. Громогласова Е.С. Глобализация и общественный протест // *Международные процессы*. 2015. № 4 (43). С. 57–73. DOI: 10.17994/IT.2015.13.4.43.4.
7. «Арабский кризис» и его международные последствия / Под общ. ред. А.М. Васильева. М.: ЛЕНАНД, 2014.
8. Азия и Африка в современной мировой политике. Сборник статей / Отв. ред. Д.Б. Малышева, А.А. Рогожин. М.: ИМЭМО РАН, 2012.
9. Nwakanma P.C., Ibe R.C. Globalization and economic growth. An econometric dimension drawing evidence from Nigeria // *International Review of Management and Business Research*. 2014. Vol. 3. No 2. P. 771–778.
10. Ben Salha O. Labour market outcomes of economic globalisation in Tunisia: a preliminary assessment // *The Journal of North African Studies*. 2013. Vol. 18. No 2. P. 349–372. DOI: 10.1080/13629387.2012.739822.
11. Atif S.M., Srivastav M., Sauytbekova M., Arachchige U.K. Globalization and income inequality: A panel data analysis of 68 countries. MPRA Paper No 42385 / University of Sydney, 2012. [Электронный ресурс]: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/42385/> (дата обращения: 20.04.2019).
12. Simplice A. Globalization and Africa: Implications for human development // *International Journal of Development Issues*. 2013. Vol. 12. No 3. P. 213–238. DOI: 10.2139/ssrn.2493238.
13. Maddala G.S., Kim I.-M. Unit roots, cointegration, and structural change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998. DOI: 10.1017/CBO9780511751974.
14. Gygli S., Haelg F., Potrafke N., Sturm J.-E. The KOF Globalisation Index – revisited // *Review of International Organizations*. 2019. No 14. P. 1–32. DOI: 10.1007/s11558-019-09357-x.
15. Вирабов А.Г. Алжир: кризис власти (кризис общественного строя Алжира и перспективы его либерализации). М.: Институт изучения Израиля и Ближнего Востока, 2001.
16. Mills T.C., Markellos R.N. The econometric modeling of financial time series. N.Y.: Cambridge University Press, 2008. DOI: 10.1017/CBO9780511817380.
17. Holt C.C. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages // *International Journal of Forecasting*. 2004. No 20. P. 5–10. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2003.09.015.
18. Chatfield C., Yar M. Holt–Winters forecasting: Some practical issues // *The Statistician*. 1988. No 37. P. 129–140. DOI: 10.2307/2348687.
19. Dolado H., Jenkinson T., Sosvilla-Rivero S. Cointegration and unit roots // *Journal of Economic Surveys*. 1990. No 4. P. 243–273.
20. Zivot E., Andrews D. Further evidence on the great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis // *Journal of Business and Economic Statistics*. 1992. No 10. P. 251–287.
21. Perron P. Further evidence from breaking trend functions in macroeconomic variables // *Journal of Econometrics*. 1997. No 80. P. 355–385. DOI: 10.1016/S0304-4076(97)00049-3.
22. Clemente J., Montanes A., Reyes M. Testing for a unit root in variables with a double change in the mean // *Economics Letters*. 1998. No 59. P. 175–182.
23. Lee J., Strazicich M.C. Minimum Lagrange multiplier unit root test with two structural breaks // *The Review of Economics and Statistics*. 2003. Vol. 85. No 4. P. 1082–1089. DOI: 10.1162/003465303772815961.

24. Lee J., Strazicich M.C. Minimum LM unit root test with one structural break // *Economics Bulletin*. 2013. Vol. 33. No 4. P. 2483–2492.
25. Johansen S. Statistical analysis of cointegration vectors // *Journal of Economic Dynamics and Control*. 1988. No 12. P. 231–254. DOI: 10.1016/0165-1889(88)90041-3.
26. Trenkler C. Bootstrapping systems cointegration tests with a prior adjustment for deterministic terms // *Computational Statistics*. 2008. Vol. 23. No 1. P. 19–39. DOI: 10.1017/S0266466608090087.
27. Doornik J.A., Hansen H. An omnibus test for univariate and multivariate normality // *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 2008. No 70. P. 927–939. DOI: 10.1111/j.1468-0084.2008.00537.x.
28. Lütkepohl H. *New introduction to multiple time series analysis*. N.Y.: Springer–Verlag, 2007. DOI: 10.1017/S0266466606000442.
29. Schumacher C. Forecasting German GDP using alternative factor models based on large datasets // *Journal of Forecasting*. 2007. No 26. P. 271–302. DOI: 10.1002/for.1026.
30. Stock J.H., Watson M.W. Phillips curve inflation forecasts // *Understanding inflation and the implications for monetary policy* / Eds. J. Fuhrer, Y.K. Kodrzycki, J.S. Little, G.P. Olivei. Cambridge: MIT Press, 2009. P. 99–184. DOI: 10.2307/23274814.
31. Турунцева М. Оценка качества прогнозов: простейшие методы // *Российское предпринимательство*. 2011. № 8–1. С. 50–56.
32. Diebold F., Mariano R. Comparing predictive accuracy // *Journal of Business and Economic Statistics*. 1995. Vol. 13. P. 253–263. DOI: 10.1080/07350015.1995.10524599.

Об авторах

Копнова Елена Дмитриевна

кандидат технических наук;

доцент, департамент статистики и анализа данных, факультет экономических наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: ekopnova@hse.ru

ORCID: 0000-0002-8429-141X

Родионова Лилия Анатольевна

кандидат экономических наук;

доцент, департамент статистики и анализа данных, факультет экономических наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: lrodionova@hse.ru

ORCID: 0000-0002-0310-6359

Modeling globalization processes taking into account structural changes, using Algeria as an example

Elena D. Kopnova

E-mail: ekopnova@hse.ru

Lilia A. Rodionova

E-mail: lrodionova@hse.ru

National Research University Higher School of Economics

Address: 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia

Abstract

This work is devoted to modeling globalization processes, taking into account the dynamic links between them and structural changes in the trend parameters. Its relevance is due to the fact that most of the work on this topic is devoted to studying the impact of globalization on individual indicators of socio-economic development, and not enough attention is paid to studying the formation of the General trend of globalization, the interaction of its components.

The latter is particularly important for developing countries, which are characterized by a strong heterogeneity of these components in the structure of globalization, as well as a marked variability of parameters in their trends. We proposed an approach of cointegration analysis of globalization processes taking into account structural shifts in the trends of these processes. As an example of the implementation of this approach, we consider modeling the dynamics of the components of the KOF globalization index for Algeria during the period 1970–2015. The stationarity of the series was tested using unit root tests with structural breaks: Andrews–Zivot and Perron tests for a series with one structural break, and Clemente–Montanes–Reyes and Lee Strazicich tests for series with one or two structural breaks. The Johansen test for small samples taking into account exogenous variables was used for cointegration testing. The presence of dynamic relationships was confirmed by comparing forecasts for the vector error correction model and one-dimensional models of processes using the Dibold–Mariano test. Interpretation of models was based on estimates of the impulse response function and the Cholesky decomposition of prediction error. The results show that the formation of the KOF Globalisation Index for Algeria is largely due to the mutual influence of its components. The dynamics of political and economic globalization are formed as a result of mutual changes in the sphere of external economic and political relations. The role of international cooperation in the social sphere for the other two components of globalization in Algeria is small. At the same time, the dynamics of social globalization is determined by its own components. The proposed modeling methodology can be applied to the study of globalization processes in other countries of the world in order to justify political decision-making.

Key words: KOF Globalisation Index; cointegration model; vector error correction model; structural breaks; impulse response functions; Cholesky decomposition.

Citation: Kopnova E.D., Rodionova L.A. Modeling globalization processes taking into account structural changes, using Algeria as an example. *Business Informatics*, vol. 14, no 1, pp. 62–74. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.62.74

References

- Weiß J., Sachs A., Weinelt H. (2018) *Globalization report 2018. Who benefits most from globalization*. Available at: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/en/publications/publication/did/globalization-report-2018/> (accessed 20 April 2019).
- Sufian F., Kamarudin F. (2016) The impact of globalization on the performance of banks in South Africa. *Review of International Business and Strategy*, vol. 26, no 4, pp. 517–542. DOI: 10.1108/ribs-02-2016-0003.
- Abramova I.O. (2010) *Population of Africa in the new global economy*. Moscow: Institute of African Studies, Russian Academy of Sciences (in Russian).
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2009). *World population prospects 2009*. Washington, pp. 44–48.
- Kabbaj O. (2003) *The challenge of African development*. New York: Oxford University Press.
- Gromoglasova E.S. (2015) Globalization and public protest. *International Trends*, no 4 (43), pp. 57–73 (in Russian). DOI: 10.17994/IT.2015.13.4.43.4.
- Vasiliev A.M., ed. (2014) *“The Arab crisis” and its international consequences*. Moscow: LENAND (in Russian).
- Malysheva D.B., Rogozhin A.A., eds. (2012) *Asia and Africa in the modern world politics*. Moscow: IMEMO, Russian Academy of Sciences (in Russian).
- Nwakanma P.C., Ibe R.C. (2014) Globalization and economic growth. An econometric dimension drawing evidence from Nigeria. *International Review of Management and Business Research*, vol. 3, no 2, pp. 771–778.
- Ben Salha O. (2013) Labour market outcomes of economic globalisation in Tunisia: a preliminary assessment. *The Journal of North African Studies*, vol. 18, no 2, pp. 349–372. DOI: 10.1080/13629387.2012.739822.
- Atif S.M., Srivastav M., Sauytbekova M., Arachchige U.K. (2012) *Globalization and income inequality: A panel data analysis of 68 countries*. MPRA Paper No 42385, University of Sydney. Available at: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/42385/> (accessed 20 April 2019).
- Simplice A. (2013) Globalization and Africa: Implications for human development. *International Journal of Development Issues*, vol. 12, no 3, pp. 213–238. DOI: 10.2139/ssrn.2493238.
- Maddala G.S., Kim I.-M. (1998) *Unit roots, cointegration, and structural change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9780511751974.
- Gygli S., Haelg F., Potrafke N., Sturm J.-E. (2019) The KOF Globalisation Index – revisited. *Review of International Organizations*, no 14, pp. 1–32. DOI: 10.1007/s11558-019-09357-x.
- Virabov A.G. (2001) *Algeria: The crisis of power (the crisis of the social system of Algeria and the prospects for its liberalization)*. Moscow: IIBV.
- Mills T.C., Markellos R.N. (2008) *The econometric modeling of financial time series*. New York: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9780511817380.
- Holt C.C. (2004) Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, no 20, pp. 5–10. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2003.09.015.
- Chatfield C., Yar M. (1988) Holt–Winters forecasting: Some practical issues. *The Statistician*, no 37, pp. 129–140. DOI: 10.2307/2348687.
- Dolado H., Jenkinson T., Sosvilla-Rivero S. (1990) Cointegration and unit roots. *Journal of Economic Surveys*, no 4, pp. 243–273.
- Zivot E., Andrews D. (1992) Further evidence on the great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*, no 10, pp. 251–287.

21. Perron P. (1997) Further evidence from breaking trend functions in macroeconomic variables. *Journal of Econometrics*, no 80, pp. 355–385. DOI: 10.1016/S0304-4076(97)00049-3.
22. Clemente J., Montanes A., Reyes M. (1998) Testing for a unit root in variables with a double change in the mean. *Economics Letters*, no 59, pp. 175–182.
23. Lee J., Strazicich M.C. (2003) Minimum Lagrange multiplier unit root test with two structural breaks. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 85, no 4, pp. 1082–1089. DOI: 10.1162/003465303772815961.
24. Lee J., Strazicich M.C. (2013) Minimum LM unit root test with one structural break. *Economics Bulletin*, vol. 33, no 4, pp. 2483–2492.
25. Johansen S. (1988) Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, no 12, pp. 231–254. DOI: 10.1016/0165-1889(88)90041-3.
26. Trenkler C. (2008) Bootstrapping systems cointegration tests with a prior adjustment for deterministic terms. *Computational Statistics*, vol. 23, no 1, pp. 19–39. DOI: 10.1017/S0266466608090087.
27. Doornik J.A., Hansen H. (2008) An omnibus test for univariate and multivariate normality. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, no 70, pp. 927–939. DOI: 10.1111/j.1468-0084.2008.00537.x.
28. Lütkepohl H. (2007) *New introduction to multiple time series analysis*. New York: Springer–Verlag. DOI: 10.1017/S0266466606000442.
29. Schumacher C. (2007) Forecasting German GDP using alternative factor models based on large datasets. *Journal of Forecasting*, no 26, pp. 271–302. DOI: 10.1002/for.1026.
30. Stock J.H., Watson M.W. (2009) Phillips curve inflation forecasts. *Understanding inflation and the implications for monetary policy* (eds. J. Fuhrer, Y.K. Kodrzycki, J.S. Little, G.P. Olivei). Cambridge: MIT Press, pp. 99–184. DOI: 10.2307/23274814.
31. Turuntseva M. (2011) Evaluation of the quality of forecasts: the simplest methods. *Russian Journal of Entrepreneurship*, no 8–1, pp. 50–56 (in Russian).
32. Diebold F., Mariano R. (1995) Comparing predictive accuracy. *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 13, pp. 253–263. DOI: 10.1080/07350015.1995.10524599.

About the authors

Elena D. Kopnova

Cand. Sci. (Tech.);

Associate Professor, Department of Statistics and Data Analysis, Faculty of Economic Sciences,
National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: ekopnova@hse.ru

ORCID: 0000-0002-8429-141X

Lilia A. Rodionova

Cand. Sci. (Econ.);

Associate Professor, Department of Statistics and Data Analysis, Faculty of Economic Sciences,
National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: lrodionova@hse.ru

ORCID: 0000-0002-0310-6359

Формирование и развитие метода оценки практической эффективности менеджмента в концепции оперативного управления

М.Б. Зуев^a

E-mail: m.zuev25@mail.ru

Б.П. Зуев^a

E-mail: zuevboria@yandex.ru

И.Н. Булгакова^b 

E-mail: Bulgakova-I-N@yandex.ru

^a ООО «Компонент Ойл»

Адрес: 614000, г. Пермь, ул. Героев Хасана, д. 8

^b Воронежский государственный университет

Адрес: 394006, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

Аннотация

Статья посвящена вопросу интегральной оценки эффективности деятельности при помощи метода практической эффективности менеджмента – усовершенствованного варианта метода освоенного объема. Приведено описание ключевых особенностей и преимуществ практического применения метода практической эффективности менеджмента для получения оценок и прогнозов деятельности. Изложен взгляд авторов на оценку исполнения ключевых показателей деятельности системы сбалансированных показателей. Затронуты проблемы управления деятельностью, возникающие вследствие неустоявшейся терминологии, а также различной трактовки в сфере управления таких терминов, как эффективность, результативность и экономичность. Предложены определения для приведения терминологического аппарата к единообразию. Представлен графический образ деятельности как системы векторов: эффективность как результирующий вектор деятельности, полученный путем перемножения векторов результативности и экономичности, являющийся ортогональным к плоскости перемножаемых векторов. Приведена концептуальная модель организационной структуры управления результативностью и взаимодействием участников деятельности. Применение данной модели открывает возможности экономического роста предприятия, его защиты при наступлении внешних или внутренних рисков – как управленческих, так и производственно-технологических.

Ключевые слова: метод практической эффективности менеджмента; эффективность; результативность; экономичность; управление; ключевые показатели эффективности; производительность; система управления.

Цитирование: Зуев М.Б., Зуев Б.П., Булгакова И.Н. Формирование и развитие метода оценки практической эффективности менеджмента в концепции оперативного управления // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 1. С. 75–84. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.75.84

Введение

При принятии управленческих решений объект исследования (управленческие процессы) можно условно разделить на два направления, выделив процессы стратегического и оперативного управления. В ходе стратегического управления предполагается направлять управленческое воздействие на обеспечение будущего конкурентного превосходства организации. Процесс оперативного управления направлен на обеспечение периодической работы организации по достижению главных задач.

Для оценки эффективности управления в российской практике чаще всего используются показатели хозяйственной деятельности, производственные показатели и финансово-экономические показатели, взятые по отдельности или в сочетании друг с другом.

Среди зарубежных методик оценки эффективности управления наибольшей популярностью пользуются следующие:

- ◆ модель DuPont [1];
- ◆ французская концепция управления эффективностью Tableau De Bord [2], получившая развитие в работах Ив Чеапелло и Мишеля Лебаса [3];
- ◆ модель Лоренца Мейсела [4], делающая акцент на развитии персонала;
- ◆ модель Effective Progress and Performance Measurement (EP2M), разработанная Кристофером Адамсом и Питером Робертсом [5];
- ◆ показатели контроля деловой активности (key performance indicators, KPI) [6];
- ◆ сбалансированная система показателей – система стратегического планирования Р. Каплана и Д.П. Нортон [7].

Одна из основных причин неэффективности оперативного управления в различных производственных сферах – применение самого популярного на сегодняшний день ручного метода управления («на глазок»). Специалисты в области организации управления подчеркивают, что для совершенствования управления необходимо больше внимания уделять проблемам отсутствия инструментов для оценки эффективности и быстрого контроля выполняемых действий [8, 9]. По данным PricewaterhouseCoopers, 61% российских представителей отмечают необходимость скорректировать набор показателей управления эффективностью деятельности компании [10].

Переход к технологичному системному управлению путем целенаправленных изменений требует решения проблемы «нетехнологичного поведения» участников деятельности как при обязательном планировании, так и при реализации этих планов. Для технологического совершенствования менеджмента, успешности реализации поставленных задач, точности принимаемых управленческих решений необходимо иметь комплекс инструментов, составляющих реальную систему управления, неотъемлемой частью которой являются не только «рычаги и педали», но и возможность измерения показателей деятельности и их отклонения от планов, а точнее, инструменты оценки и прогнозирования эффективности процесса и результата деятельности, а также новые альтернативные методы измерения эффективности, базирующиеся на нефинансовых показателях. Необходимость этого объясняется возможностью достижения только измеримого результата.

1. Теоретические подходы к определению эффективности

Результативность процесса по выработке, принятию и реализации управленческого решения обеспечивается опытом менеджеров, их компетенциями и навыками использования современных методов и инструментов, позволяющих достичь желаемой цели, а также обязательное понимание сущности показателей деятельности, в первую очередь, эффективности. В противном случае целенаправленное и эффективное (результативное и экономичное) управление деятельностью практически невозможно.

Так сложилось, что у популярного сегодня словосочетания «эффективность деятельности» нет однозначного, устоявшегося определения, отражающего смысл и ясно дающего образ эффективности деятельности или управления деятельностью. Этот вывод сделан на основе того, что математически точный и бесспорно принятый сообществом управленцев образ эффективности не используется на практике, и существующие термины разнятся по смыслу.

Современная теория управления располагает широким спектром методов оценки и анализа эффективности деятельности. Их использование предоставляет возможность изучения структуры организации (декомпозиции сверху вниз), взаимосвязи структурных единиц, обобщения планирования и реализации в общей стратегии управления. Суще-

ствующие методологии могут опираться на стратегию «шести сигм» [11], функциональный метод распределения накладных затрат (activity based costing, ABC) [12, 13], управление предприятием, ориентированное на качество (total quality management, TQM) [14], метод оценки экономической прибыли (economic value added, EVA) [15, 16], систему интегрированной стратегической оценки (integrated strategic measurement) [17] и теорию ограничений (theory of constraints, TOC) [18]. Перечисленные подходы, применяемые самостоятельно, не могут полноценно обеспечить потребности предприятия в эффективном управлении, т.к. большей частью являются теоретическими, а не практическими, что затрудняет получение приемлемого результата.

Очевидно, что использование показателя эффективности деятельности (результата и процесса) – обязательное условие качественного и успешного управления.

Прежде всего, следует разобраться в терминологии. Под эффективностью деятельности сегодня понимается: результативность, экономическая эффективность (экономичность), своевременность, исполнительность, прибыльность и др.

Например, ISO 9000:2015 [19] дает следующее определение: эффективность (efficiency) – соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами. О какой эффективности идет речь из этого определения? Можно предположить, что речь идет об экономической эффективности: экономическая эффективность (economic efficiency) – соотношение стоимости полученных результатов производства (продукции и/или услуг) и затрат (труда и средств производства). Смысловое сходство определений в данном случае очевидно.

ISO 9000:2015 также дает довольно спорное определение результативности (effectiveness): степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов. Довольно корректное определение, но необходимо дать иное, полагаем, более точное, используя слова «соотношение» и «результат» и учитывая в определении фактор времени.

Приведенные определения наглядно показывают неполноту и вариативность понимания применяемой терминологии, в том числе, в рекомендательных документах (государственных стандартах). Отсутствие единого терминологического аппарата ведет к низкой управляемости деятельностью, тем более, сложной. Нет единообразных критериев при

планировании, достижении и оценке результатов, а также процессов.

Таким образом, оценивая успешность деятельности в сфере управления, фактически используются две сущности: экономическая эффективность (экономичность) и результативность, которые определяются с довольно высокой точностью. В то же время единый базовый интегральный показатель, учитывающий обе составляющие, не применяется, а делать это необходимо.

2. Универсальная структура комплексной системы управления

Основой любого измерения является метод. Управление может быть эффективным только тогда, когда метод его оценки адекватен действительности и используется как реальный инструмент управления.

В предлагаемой нами модели комплексной системы управления деятельностью (КСУД) предусмотрен практический инструмент на основе метода практической эффективности менеджмента (ПЭМ), как вариант развития неоднократно проверенного на практике метода освоенного объема [20–22].

На *рисунке 1* представлена концептуальная модель организационной структуры управления результатом и взаимодействием участников.

Концепция организационной структуры КСУД формируется исходя из следующих предпосылок:

- ◆ участники действуют в общей отрасли деятельности;
- ◆ область и границы взаимодействия участников определяются наложением кругов их деятельности;
- ◆ треугольник эффективности результата имеет установленные при взаимодействии параметры (содержание, срок, стоимость);
- ◆ качество определяется потребительской оценкой/ценой результата;
- ◆ треугольник эффективности результата ограничен кольцом рисков;
- ◆ кольцо рисков не выходит за вершины треугольника взаимодействия;
- ◆ треугольник ресурсов ограничивает возможности изменения параметров результата (содержание, срок, стоимость);
- ◆ оценки деятельности (процесса и результата) определяются сравнением плановых и фактических параметров треугольника эффективности результата.

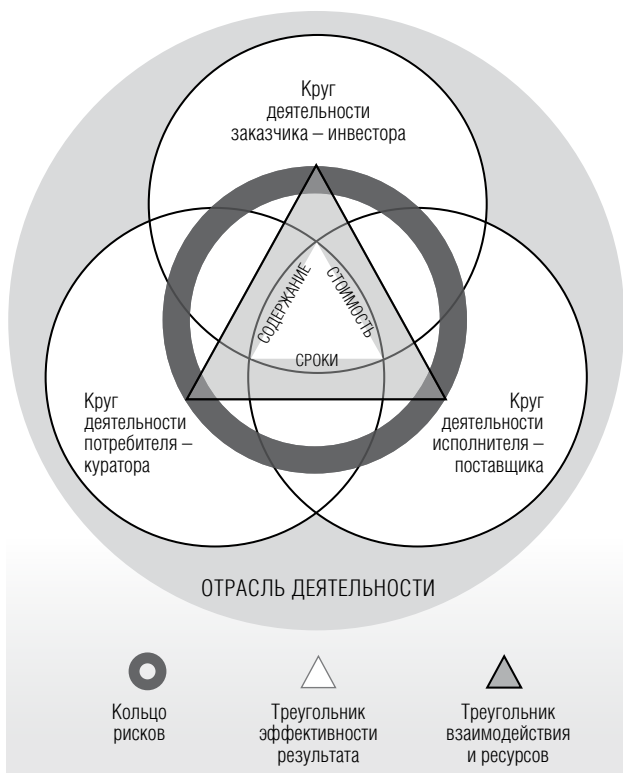


Рис. 1. Концептуальная модель структуры управления взаимодействием и результатом

3. Образ эффективности и его использование в методе оценки практической эффективности менеджмента

В рамках метода оценки практической эффективности менеджмента (метода ПЭМ) используется понятный и математически определенный образ эффективности: эффективность — это результативность деятельности с учетом экономичности.

С помощью метода ПЭМ, как и при помощи метода освоенного объема измерение эффективности деятельности EA (efficiency of activity) производится в любой момент времени по двум параметрам: результативности P (productivity) и экономичности E (economy):

$$EA = P \times E. \quad (1)$$

Такое определение и формула расчета эффективности дают возможность интегральной оценки управления, как результативности (учитывающей временной фактор) с учетом ресурсов, затраченных на получение фактического результата.

Метод ПЭМ позволяет оценить эффективность деятельности и по результату, и по процессу, как сотрудника или подразделения, так и в компании целом. Это удовлетворяет главную потребность управленца — по одному числовому значению понять ситуацию на любом уровне реализации задачи при практически неограниченном количестве показателей результата (KPI, КПД и т.п.) и подзадач в иерархической структуре задач (ИСЗ).

Метод дает возможность не только оценивать деятельность по состоянию на конкретную дату, но и прогнозировать динамику показателей (эффективность, результативность, экономичность, прибыльность, сроки выполнения). При этом применяются известные подходы: определение экономичности, как отношение плановой и фактической себестоимости результатов, а также определение результативности, как отношение фактического и планового результатов с учетом фактора времени при превышении планового срока.

Однако, несмотря на обычную практику использования метода освоенного объема за рубежом, в нашей стране он не находит широкого практического применения в управлении. Одна из причин в том, что пользователям не понятен образ и смысловое содержание рассчитываемой эффективности, а расчет представляется сложным. Полагаем, что продвижению метода ПЭМ (как варианта метода освоенного объема) будет способствовать визуализация образа деятельности и системы ее интегральных показателей, соответствующая методу ПЭМ, если в любой момент времени наглядно представить ее в виде ортогональной системы векторов (рисунком 2). При этом направление вектора фактической эффективности определяется по правилу правой руки, кратчайшим направлением поворота вектора результативности к вектору экономичности.

Исходя из формулы и определения эффективности, представим усилия по ведению деятельности (результативность и экономичность), как векторы, направленные на достижение результата экономически оптимального. Тогда эффективность деятельности, как результат произведения этих векторов, является вектором ортогональным к плоскости векторов-сомножителей (с направлением по правилу произведения векторов) и численно равным площади прямоугольника, построенного на этих векторах:

$$\vec{EA} = \vec{P} \times \vec{E}. \quad (2)$$

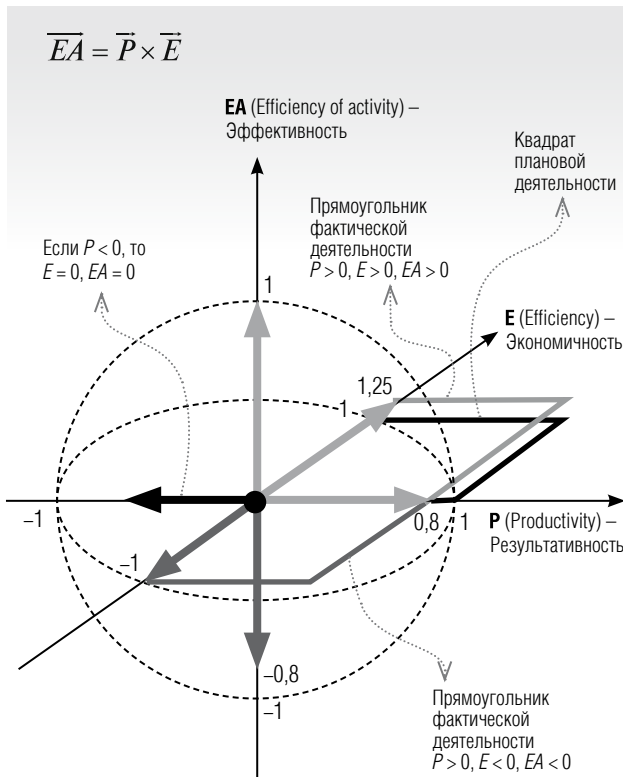


Рис. 2. Векторное представление универсальных показателей деятельности и управления

Эффективность деятельности *EA* (*efficiency of activity*) – вектор, равный произведению двух векторов: результативности *P* (*productivity*) и экономичности (*efficiency*). Эффективность можно представить как оценку полезности деятельности по величине результата (продажная цена, выручка, своевременность, объем потребления и т.д.) и по направлению («+» или «-»).

Результативность – вектор (усилие, способность, энергия, стремление и т.д.) достижения планируемого (ожидаемого) результата деятельности.

Экономичность – вектор (усилие, способность, энергия, стремление и т.д.) достижения оптимальной экономичности результата деятельности (оптимального экономического эффекта деятельности).

Таким образом, на рисунке 2 представлен способ определения (согласно правилам векторной алгебры) оценки численного значения и направления вектора эффективности при достижении поставленной цели, а также решена задача наглядности образа эффективности и самой деятельности и управления процессом и результатом.

При этом результативность *P* рассчитывается методом ПЭМ, как отношение освоенного объема *EV* и бюджетной стоимости объема задач, планируемого к выполнению *PV*, с учетом соотношения планового и фактического сроков выполнения *SCT/ACT*:

$$P = \frac{EV}{VP} \times PSPI, \quad (3)$$

где *EV* (*Earned Value*) – освоенный объем (плановая стоимость фактически выполненного объема задач; *Budget Cost of Work Performed, BCWP*);

PV (*Planned Value*) – бюджетная стоимость планового объема задач (плановая стоимость объема планируемых к выполнению задач; *Budget Cost of Work Scheduled, BCWS*);

PSPI (*Project Schedule Performance Index* – индекс выполнения срока проекта) – индекс длительности:

$$PSPI = \frac{SCT}{ACT}, \quad (4)$$

где *SCT* – плановая длительность;

ACT – фактическая длительность деятельности (если *ACT < SCT*, то для расчетов принимается *PSPI = 1*).

Экономичность (*E*) рассчитывается по методу ПЭМ путем сравнения стоимости фактических расходов на освоенный объем со стоимостью освоенного объема:

$$E = 1 + \left(1 - \frac{AC}{EV}\right) \times Kpr. \quad (5)$$

Для коммерческой деятельности (при планировании прибыли) по формуле экономичности может рассчитываться прибыльность (*profit margin, PM*).

В формуле (5) принимаем:

AC (*Actual Cost*) – фактический объем затрат на освоенный объем (*Actual Cost of Work Performed, ACWP*);

Kpr (коэффициент прибыли, *Index Profit*) – индекс перехода от расхода к прибыли (или удельный плановый расход на плановую прибыль), который принимается равным единице, если прибыль не планируется (если деятельность не направлена на получение прибыли, то прибыль не планируется). В этом случае и сама прибыль, и расход, направляемый на получение прибыли, стремятся к нулю (к пределу по минимуму).

Индекс перехода к расчету по прибыли определяется следующим образом:

$$Kpr = \frac{PV}{Ppr}, \quad (6)$$

где PPr – плановая итоговая прибыль по завершению деятельности (*Planned Profit*).

Итоговая универсальная формула эффективности деятельности (результата и/или процесса) по экономичности или прибыли:

$$E = \left[\frac{EV}{PV} \times PSPI \right] \times \left[1 + \left(1 - \frac{AC}{EV} \right) \times Kpr \right]. \quad (7)$$

В дополнение к расчетным формулам (3, 5, 7) нужно заметить, что если фактическая длительность (ACT) меньше плановой длительности (SCT), то для расчетов принимаем $PSPI = 1$; если прибыль не планируется, то для расчетов принимаем $Kpr = 1$.

4. Практическое применение метода ПЭМ

Метод ПЭМ – это усовершенствованный метод освоенного объема, в расчетные формулы которого внесены дополнения, позволяющие определять корпоративные, межкорпоративные и индивидуальные показатели деятельности: эффективность, результативность, экономичность, прибыльность, сроки выполнения, а также прогнозы, используемые в целях управления и мотивации деятельности.

При разработке метода ПЭМ решены некоторые проблемы и устранены недостатки практического применения метода освоенного объема:

Наличие множества показателей результата деятельности, оценки которых не дают точных и однозначных оценок и прогнозов результата в целом и процесса деятельности.

Решение: использована стоимость освоенного объема, как универсальный измеритель удельного веса каждого отдельного показателя (КРІ) сбалансированной системы. Стоимость освоенных объемов рассчитывается через КРІ в натуральных единицах. При этом как плановые, так и фактические КРІ необходимо указывать в натуральных единицах измерения. Интегральный освоенный объем по задаче равен сумме освоенных объемов по КРІ, что создает возможность определения интегральной оценки эффективности деятельности (результата или процесса) по одному числовому значению, в том числе, для задач с множеством КРІ и множеством подзадач.

В расчетах оценок (индексов) не учитывается время превышения планового срока выполнения задач.

Решение: в расчетную формулу введен коэффициент длительности, равный отношению плановой длительности к фактической (SCT / ACT), применяемый при превышении планового срока.

Снижение реактивной точности оценок к завершению задачи при использовании в расчетах плановых и фактических данных от начала задачи до отчетной даты.

Решение: расчет можно производить за произвольный временной интервал.

Формулы исходного метода освоенного объема не дают возможность рассчитать оценки по коммерческой прибыли (текущую и по завершении) при условии планирования прибыли.

Решение: в формулы введен индекс удельного расхода на прибыль.

Управленческое решение должно быть основано на анализе и оценке информации о процессе и промежуточном результате, а также прогнозе эффективности результата по завершении. Излишняя или неструктурированная информация тормозит принятие решений, требуя дополнительного времени для анализа. Искаженная или недостоверная информация приводит к ошибкам и потерям. Для работы с информацией необходимо выбрать оптимальную модель управления деятельностью, позволяющую использовать удобную систему оценки и прогнозирования эффективности деятельности (результатов и процесса), где можно применить сочетание универсальных измерителей для оценок – времени и денег [23–26]. Это, безусловно, приведет к повышению производительности труда, снижению расходов (бережливое производство), повышению прибыльности.

Принимая за удельный вес показателя результата (КРІ) плановые расходы на его исполнение, легко рассчитать плановый объем выполнения процесса в денежных единицах по каждому показателю на момент оценки, а также плановый освоенный объем результата, при прямой зависимости этих объемов от величины КРІ в натуральных единицах измерения, что, по нашему мнению, позволяет повысить достоверность информации об исполнении этих показателей.

Это дает возможность определять объемы по каждой отдельной задаче и в целом по предприятию, рассчитать результативность деятельности как соотношение фактического и планового объемов с учетом срока выполнения, а также свести к одному определенному значению экономичность или прибыльность деятельности. Следовательно, можно рассчитать эффективность деятельности как результативность с учетом экономичности или прибыльности.

Заключение

Таким образом, управляя эффективностью текущей деятельности, получаем необходимые запланированные результаты, при условии, что их достижение при форс- мажорных обстоятельствах не выходит за ограничения по материальным ресурсам и/или по времени. При этом для оценок обязательно используются универсальные, взаимно трансформируемые, дополняющие друг друга измерители: время и деньги. Такой подход дает возможность целенаправленно управлять процессом и результатом.

Расчет интегральных показателей, в первую очередь, эффективности, не является самоцелью и позволяет использовать фактические оценки в системе мотивации и стимулирования деятельности, как персональной, так и коллективной. В свою очередь, метод ПЭМ используется в системе управления деятельностью для определения отклонений, что также дает возможность принятия точных и своевременных решений при управлении процессом и результатом.

Простота и доступность при использовании интегральных показателей, рассчитанных методом ПЭМ на различных уровнях управления, создает возможность вовлечения в управление участников процесса деятельности различных уровней и выполняющих различные функции. Это полностью соответствует мнению президента Московского отделения Института управления проектами В. Либерзона: «... адекватная модель проекта (деятельности) должна отображать реальность, чтобы ее можно было использовать для надежного планирования и анализа при принятии решений. Отображение реальности, применимое на практике, означает, что:

- ◆ свойства элементов (процессы, операции, функции) модели деятельности включают всю информацию, которую используют люди при планировании и управлении;

- ◆ информация о ресурсах и их назначениях включает всю информацию, которую используют люди при планировании и управлении;

- ◆ ресурсы назначаются так же, как это делают люди;

- ◆ стоимости назначаются так же, как это делают люди» [27].

Однако, стимулирующее (принудительное) вовлечение в управление совместной деятельностью конкретных участников бывает не так рационально, как мотивационное. Вовлеченность и мотивация персонала – ключевой фактор эффективности труда и управления деятельностью. Что же касается мотивации, то это ключевая задача управления персоналом, для успешного решения которой социально активный сотрудник не должен отделяться от результатов труда как собственного, так и своего коллектива и предприятия. Таким образом, мы говорим о механизме понятной оценки результатов труда, что является важным условием успешности совместной деятельности.

Практическое применение системы стимулирования и мотивации на основе показателей, рассчитанных методом ПЭМ [28], создает не только возможности экономического роста предприятия, но и позволяет обеспечить его защиту при наступлении внешних и/или внутренних рисков (как управленческих, так и производственно-технологических), за счет снижения затрат.

При этом вышеизложенное является элементом комплексной системы управления деятельностью (КСУД), а метод ПЭМ может применяться как в корпоративной, так и в межкорпоративной системе управления совместной деятельностью различных предприятий, имеющих различную корпоративную культуру.

Такой подход дает возможность целенаправленно и осознанно управлять достижением целей деятельности при использовании системы сбалансированных показателей, что достаточно просто при наличии на предприятии системы планирования, бюджетирования и управленческого учета, и создает предпосылки для формирования межкорпоративных систем управления. ■

Литература

1. Лытнев О.Н. Стратегический финансовый анализ с использованием модели компании DuPont // Управление корпоративными финансами. 2010. № 3. С. 158–171.
2. Редченко К.И. Показательное несогласие: Balanced Scorecard и Tableau De Bord. [Электронный ресурс]: http://www.e-xecutive.ru/knowledge/announcement/339363/?phrase_id=2806776 (дата обращения 17.03.2020).
3. Chiapello E., Lebas M. The Tableau de Bord, a French approach to management information // Presented at the 19th Annual Meeting of the European Accounting Association, Bergen, Norway, 2–4 May 1996.
4. Maisel L.S. Performance measurement. The balanced scorecard approach // Journal of Cost Management. 1992. Summer. P. 45–62.
5. Adams C., Roberts P. You are what you measure // Manufacturing Europe. London: Sterling Publications, 1993. P. 504–507.

6. Marr B. Key performance indicators. The 75 measures every manager needs to know. Harlow: Pearson, 2012.
7. Kaplan R.S., Norton D.P. Balanced Scorecard. Translating strategy into action. Harvard Business School Press, 1996.
8. Утенин В. Причины низкой эффективности российских компаний / Корпоративный менеджмент [Электронный ресурс]: https://www.cfin.ru/management/controlling/low_eff_reasons.shtml (дата обращения 17.03.2020)
9. Эскиев М.А., Аслаханова С.А., Бексултанова А.И. Эффективность системы управления организацией. Основные факторы, влияющие на эффективность // Молодой ученый. 2015. № 23. С. 689–692.
10. Лотаков И. Из тени в свет перелетая. Российский бизнес за минувшие 30 лет глазами его «отцов» и «детей». [Электронный ресурс]: https://www.pwc.ru/ru/assets/knowledge-club/doing_business_in_russia_rus_e-version.pdf (дата обращения 17.03.2020).
11. Каптерев А.В. Концепция управления эффективностью бизнеса «шесть сигм» и ее применение в России. [Электронный ресурс]: <https://gmpua.com/QM/Article/6Sigma/1/6sigma.pdf> (дата обращения 12.01.2020).
12. Атаманов Д.Ю. Распределение затрат при калькуляции себестоимости традиционным и операционно-ориентированным методом // Маркетинг в России и за рубежом. 2003. № 3. С. 121–130.
13. Brimson J.A., Antos J. Driving value using activity based budgeting. N.Y.: Wiley, 1998.
14. Quality control, robust design, and the Taguchi method / D. Khosrow (ed.). Pacific Grove, California: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, 1989.
15. Ивашковская И.В. Управление стоимостью компании: вызовы российскому менеджменту // Российский журнал менеджмента. 2004. № 4. С. 113–132.
16. Martin J.D., Petti J.W. Value based management: The corporate response to the shareholder revolution. Harvard Business School Press, 2020.
17. Гайнуллин А.И. О специфике методологии стратегического управления предприятием // Актуальные направления научных исследований: От теории к практике. 2015. № 3 (5). С. 377–380.
18. Dettmer H.W. Goldratt's theory of constraints: A system approach to continuous improvement. Milwaukee, WI: ACQ Quality Press, 1997.
19. ГОСТ Р ИСО 9000–2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Электронный фонд правовой и научно-технической документации [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200124393> (дата обращения 11.01.2020).
20. Рач Д.В. Метод графического представления показателей освоенного объема // Управління проектами та розвиток виробництва: 36.наук.пр. Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля. 2011. № 3 (39). С. 117–121.
21. Милошевич Д. Набор инструментов для управления проектами. М.: АйТи; ДМК Пресс, 2006.
22. Левченко А.Ю., Фрей Д.А. Проблемы использования метода освоенного объема для управления стоимостью сложных технологических проектов // Молодой ученый. 2017. № 25. С. 158–160.
23. Зуев Б.П. Практика эффективного менеджмента. ПЭМ-метод оценки эффективности в управлении деятельностью. Пермь, ПГНИУ, 2014.
24. Зуев Б.П., Булгакова И.Н., Новосадов Д.И. Интегральная оценка практической эффективности менеджмента как трудность достижения цели // Материалы международной научно-практической конференции «Вопросы методологии социально-гуманитарных наук: современный контекст». Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ). 2018. Часть I. С. 140–143.
25. Зуев М.Б., Зуев Б.П., Булгакова И.Н. Метод ПЭМ как удобный инструмент оценки эффективности деятельности (результата и процесса) в сфере управления // Менеджмент в России и за рубежом. 2019. № 5. С. 11–18.
26. Зуев М.Б., Зуев Б.П., Булгакова И.Н. Усовершенствованный метод освоенного объема для интегральной оценки эффективности и прогнозов результата деятельности в сфере управления // Материалы I Международной научно-практической конференции «Управление проектами: идеи, ценности, решения». СПб: СПбГАСУ, 2019. С. 80–87.
27. Либерзон В. Управление проектами // Менеджмент сегодня. 2001. № 5. С. 2–8.
28. Зуев Б.П. Практика эффективного менеджмента. КСУД – Комплексная система управления деятельностью (практическая модель). Пермь, ПГНИУ, 2015.

Об авторах

Зуев Михаил Борисович

советник директора, ООО «Компонент Ойл»,
614000, г. Пермь, ул. Героев Хасана, д. 8;
E-mail: m.zuev25@mail.ru

Зуев Борис Павлович

технический руководитель проекта ПЭМ, ООО «Компонент Ойл»,
614000, г. Пермь, ул. Героев Хасана, д. 8;
E-mail: zuevboria@yandex.ru

Булгакова Ирина Николаевна

доктор экономических наук;
доцент кафедры математических методов исследования операций, факультет ПММ,
Воронежский государственный университет, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1;
E-mail: Bulgakova-I-N@yandex.ru;
ORCID: 0000-0003-1779-5877

The formation and development of the performance assessment method in the conception of operational management

Mikhail B. Zuev^a

E-mail: m.zuev25@mail.ru

Boris P. Zuev^a

E-mail: zuevboria@yandex.ru

Irina N. Bulgakova^b

E-mail: Bulgakova-IN@yandex.ru

^a Oil Component Ltd.

Address: 8, Heroes of Hassan Street, Perm 614000, Russia

^b Voronezh State University

Address: 1, University Square, Voronezh 394006, Russia

Abstract

This article is devoted to the integrated performance assessment method – an improved version of the earned value management. It provides a description of the key features and benefits of practical application of the performance assessment method to develop estimates and forecasts of activity. It sets out the authors' opinion about the performance assessment method for execution of key performance indicators in a balanced scorecard. The article touches upon the problems of management due to the unsettled terminology among managers, and various interpretations of the terms: efficiency, effectiveness and economy in management, and proposes a definition to align terminology to uniformity. It provides in a graphical way the vector system: efficiency as the resulting vector of activities obtained from multiplying the vectors of productivity and efficiency, orthogonal to the plane of the multiplied vectors. It gives a conceptual model of the organizational structure of management and cooperation of stakeholders, which opens opportunities for the economic growth of the enterprise, its protection from external or internal risks, both managerial and technological.

Key words: performance assessment method; efficiency; effectiveness; economy; management; key performance indicator; performance management system.

Citation: Zuev M.B., Zuev B.P., Bulgakova I.N. (2020) The formation and development of the performance assessment method in the conception of operational management. *Business Informatics*, vol. 14, no 1, pp. 75–84.
DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.75.84

References

1. Lytnev O.N. (2010) Strategic financial analysis using the DuPont model. *Corporate finance management*, no 3, pp. 158–171 (in Russian).
2. Redchenko K.I. (2003) *Indicative disagreement: Balanced Scorecard and Tableau De Bord*. Available at: http://www.e-xecutive.ru/knowledge/announce-ment/339363/?phrase_id=2806776 (accessed 17 March 2020) (in Russian).
3. Chiapello E., Lebas M. (1996) The Tableau de Bord, a French approach to management information. Presented at the *19th Annual Meeting of the European Accounting Association, Bergen, Norway, 2–4 May 1996*.
4. Maisel L.S. (1992) Performance measurement. The balanced scorecard approach. *Journal of Cost Management*, Summer, pp. 45–62.
5. Adams C., Roberts P. (1993) You are what you measure. *Manufacturing Europe*. London: Sterling Publications, pp. 504–507.
6. Marr B. (2012) *Key performance indicators. The 75 measures every manager needs to know*. Harlow: Pearson.
7. Kaplan R.S., Norton D.P. (1996) *Balanced Scorecard. Translating strategy into action*. Harvard Business School Press.
8. Utenin V. (2011) The reasons for low efficiency of Russian companies. *Corporate Management*. Available at: https://www.cfin.ru/management/controlling/low_eff_reasons.shtml (accessed 17 March 2020) (in Russian).
9. Eskiev M.A., Aslahanova S.A., Beksultanova A.I. (2015) Effectiveness of the organization's management system. The main factors affecting the effectiveness. *Young Scientist*, no 23, pp. 689–692 (in Russian).
10. Lotakov I. (2019) *Out of the shadows into the light flying. Russian business over the past 30 years through the eyes of its "parents" and "children"*. Available at: https://www.pwc.ru/ru/assets/knowledge-club/doing_business_in_russia_rus_e-version.pdf (accessed 17 March 2020).

11. Kapterev A.V. (2012) *Six Sigma business performance management concept and its application in Russia*. Available at: <https://gmpua.com/QM/Article/6Sigma/1/6sigma.pdf> (accessed 12 January 2020) (in Russian).
12. Atamanov D.Yu. (2003) Cost apportionment using the traditional and activity based approaches. *Journal of Marketing in Russia and Abroad*, no 3, pp. 121–130 (in Russian).
13. Brimson J.A., Antos J. (1998) *Driving value using activity based budgeting*. New York: Wiley.
14. Khosrow D., ed. (1989) *Quality control, robust design, and the Taguchi method*. Pacific Grove, California: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software.
15. Ivashkovskaya I.V. (2004) Value based management: A challenge for Russian managers. *Russian Management Journal*, no 4, pp. 113–132 (in Russian).
16. Martin J.D., Petti J.W. (2000) *Value based management: The corporate response to the shareholder revolution*. Harvard Business School Press.
17. Gainullin A.I. (2015) About the specifics of the methodology of strategic enterprise management. *Actual Directions of Scientific Research: From Theory to Practice*, no 3 (5), pp. 377–380 (in Russian).
18. Dettmer H.W. (1997) *Goldratt's theory of constraints: A system approach to continuous improvement*. Milwaukee, WI: ACQ Quality Press.
19. Standardinform (2015) GOST R ISO 9000-2015. *Quality management systems. General terms and dictionary*. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200124393> (accessed 11 January 2020).
20. Rach D.V. (2011) Method of graphical representation of indicators of the earned value. *Project Management and Production Development*, no (39), pp. 117–121 (in Russian).
21. Miloshevich D.Z. (2006) *Project management toolkit*. Moscow: AjTi; DMK Press (in Russian).
22. Levchenko A.Yu., Frei D.A. (2017) Problems of using the earned volume method for managing the cost of complex technological projects. *Young Scientist*, no 25, pp. 158–160 (in Russian).
23. Zuev B.P. (2014) *Performance assessment method for evaluating performance in business management*. Perm, PSU (in Russian).
24. Zuev B.P., Bulgakova I.N., Novosadov D.I. (2018) Integrated assessment of the practical effectiveness of management as the difficulty of achieving the goal. Proceedings of the *International Scientific-Practical Conference on Methodology of Social and Humanitarian Sciences: Modern Context, Belgorod, 2018*, part I, pp. 140–143 (in Russian).
25. Zuev M.B., Zuev B.P., Bulgakova I.N. (2019) The performance assessment method as a convenient tool for evaluating the effectiveness of activities (results and processes) in the field of management. *Management in Russia and Abroad*, no 5, pp. 11–18 (in Russian).
26. Zuev M.B., Zuev B.P., Bulgakova I.N. (2019) Modified earned value method for integrated efficiency assessment and forecasting of activities results in the field of management. Proceedings of the *1st International Scientific and Practical Conference "Project management: ideas, values, solutions"*, Saint Petersburg, 2019, pp. 80–87 (in Russian).
27. Liberzon V. (2001) Project management. *Management Today*, no 5, pp. 2–8 (in Russian).
28. Zuev B.P. (2015) *Performance assessment model. Integrated activity management system (practical model)*. Perm, PSU (in Russian).

About the authors

Mikhail B. Zuev

Adviser of the Director, Oil Component Ltd.,
8, Heroes of Hassan Street, Perm 614000, Russia;
E-mail: m.zuev25@mail.ru

Boris P. Zuev

Technical Director of Performance Assessment Project, Oil Component Ltd.,
8, Heroes of Hassan Street, Perm 614000, Russia;
E-mail: zuevboria@yandex.ru

Irina N. Bulgakova

D. Sci. (Econ.);
Associate Professor, Department of Mathematical Methods of Operations Research,
Faculty of Applied Mathematics, Informatics and Mechanics, Voronezh State University,
1, University Square, Voronezh 394018, Russia;
E-mail: Bulgakova-IN@yandex.ru;
ORCID: 0000-0003-1779-5877