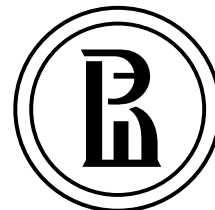


БИЗНЕС- ИНФОРМАТИКА

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



СОДЕРЖАНИЕ

Моделирование и анализ бизнес-процессов

A. Fleischmann, W. Schmidt

S-BPM as a new impetus
in Business Process Management: A survey7

Интернет-технологии

M.M. Komarov, A.D. Khokhlova

Development of a business model
for Social Web of Services20

Программная инженерия

P.P. Oleynik

XOQL: Object Query Markup Language30

Анализ данных и интеллектуальные системы

A.A. Незнанов, Ю.В. Старичкова

Развитие классификации клинических диагнозов
в медицинских информационных системах39

Моделирование социальных и экономических систем

C.A. Глушенко, А.И. Долженко

Система нечеткого моделирования рисков
инвестиционно-строительных проектов48

З.Н. Исмиханов

Моделирование социально-экономического
развития региона на основе когнитивного подхода
(на примере Республики Дагестан)59

Принятие решений и бизнес-интеллект

T.K. Кравченко, А.А. Дружаев

Адаптация методов семейства ELECTRE
для включения в Экспертную систему
поддержки принятия решений69

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
А.Р. Горбунов, Д.В. Исаев*

*Дизайн обложки
С.Н. Борисова*

*Компьютерная верстка
О.А. Богданович*

*Администратор веб-сайта
И.И. Хрусталёва*

Журнал рекомендован ВАК
для научных публикаций

Адрес редакции:
105187, г. Москва, ул. Кирпичная, д. 33
Тел./факс: +7 (495) 771-32-38
<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 500 экз.

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

© Национальный
исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

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.

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:

- ◆ корпоративные информационные системы;
- ◆ информационные технологии в бизнесе;
- ◆ организационные и управленческие проблемы создания и внедрения информационных систем;
- ◆ математическое моделирование социально-экономических процессов;
- ◆ методы анализа информации;
- ◆ интеллектуальные системы и управление знаниями в бизнесе;
- ◆ информационные сети и телекоммуникации;
- ◆ программная инженерия;
- ◆ информационная безопасность;
- ◆ электронный бизнес;
- ◆ инновации и бизнес в сфере информационных технологий;
- ◆ стандартизация, сертификация и качество;
- ◆ правовые вопросы бизнес-информатики;
- ◆ обучение в сфере бизнес-информатики.

В соответствии с решением президиума Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации с 2010 года 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.

Журнал выпускается ежеквартально и распространяется как в печатном виде, так и в электронной форме.

Журнал «Бизнес-информатика» зарегистрирован в «Роскомнадзоре».
Свидетельство ПИ № ФС 7752404 от 28 декабря 2012 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

ГОЛОСОВ Алексей Олегович — кандидат технических наук, Президент компании «ФОРС — Центр разработки»

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

ГОРБУНОВ Алексей Рэмович — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Института США и Канады РАН

ИСАЕВ Дмитрий Валентинович — кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-аналитики, школа бизнес-информатики, факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

АБДУЛЬРАБ Абиб —

PhD, профессор департамента математики и программной инженерии, Национальный институт прикладных наук, Руан, Франция

АВДОШИН Сергей Михайлович — кандидат технических наук, профессор, руководитель департамента программной инженерии, факультет компьютерных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

АЛЕСКЕРОВ Фуад Тагиевич — доктор технических наук, профессор, руководитель департамента математики, факультет экономических наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

БАБКИН Эдуард Александрович — кандидат технических наук, PhD, профессор кафедры информационных систем и технологий, факультет бизнес-информатики и прикладной математики (Нижний Новгород), Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

БАЙЕР Алекс — PhD, Директор KAFAN FX Information Services, Нью-Йорк, США

БАРАНОВ Александр Павлович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационной безопасности, школа бизнес-информатики, факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

БЕККЕР Йорг — PhD, проректор, профессор, директор Европейского исследовательского центра в области информационных систем (ERCIS) Мюнстерского университета, Мюнстер, Германия

БЕЛОВ Владимир Викторович — доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной и прикладной математики, факультет вычислительной техники, Рязанский государственный радиотехнический университет

ГРИБОВ Андрей Юрьевич — кандидат экономических наук, Генеральный директор компании «КиберПлат»

ГРОМОВ Александр Игоревич — кандидат химических наук, профессор, заведующий кафедрой моделирования и оптимизации бизнес-процессов, школа бизнес-информатики, факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

ГУРВИЧ Владимир Александрович — PhD, приглашенный профессор и исследователь, Центр исследования операций, Ратгерский университет (Университет Нью-Джерси), США

ДЖЕЙКОБС Лоренц — PhD, профессор медицинского факультета, Университет Цюриха, Швейцария

ЗАНДКУЛЬ Курт —

PhD, заведующий кафедрой информационных систем для бизнеса, институт информатики, факультет информатики и электротехники, Университет Ростока, Германия

ИЛЬИН Николай Иванович — доктор технических наук, профессор, заместитель начальника Управления специальной связи, Федеральная служба охраны Российской Федерации (ФСО России)

КАЛЯГИН Валерий Александрович — доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики, факультет бизнес-информатики и прикладной математики (Нижний Новгород), Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

КАМЕННОВА Мария Сергеевна — кандидат технических наук, директор компании «Логика BPM»

КУЗНЕЦОВ Сергей Олегович — доктор физико-математических наук, профессор, руководитель департамента анализа данных и искусственного интеллекта, факультет компьютерных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

КУЧЕРЯВЫЙ Евгений Андреевич — PhD, профессор департамента электроники и коммуникаций, Технологический университет Тампере, Финляндия

МАЛЬЦЕВА Светлана Валентиновна — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инноваций и бизнеса в сфере информационных технологий, руководитель школы бизнес-информатики, факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

МЕЙОР Питер — PhD, заместитель директора консультативной группы по радиокоммуникациям, Международный телекоммуникационный союз (ITU), заместитель руководителя Комиссии ООН по науке и технологиям, Женева, Швейцария

МИРКИН Борис Григорьевич — доктор технических наук, профессор департамента анализа данных и искусственного интеллекта, факультет компьютерных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

МОТТЛЬ Вадим Вячеславович — доктор технических наук, профессор кафедры информационной безопасности, факультет кибернетики, Тульский государственный университет

ПАЛЬЧУНОВ Дмитрий Евгеньевич — доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой общей информатики, факультет информационных технологий, Новосибирский государственный университет

ПАРДАЛОС Панайот (Панос) — PhD, почетный профессор, директор центра прикладной оптимизации, департамент промышленной и системной инженерии, Университет Флориды, США

СИЛАНТЬЕВ Альберт Юрьевич — доктор технических наук, профессор кафедры информационных бизнес систем, Институт информационных бизнес-систем, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

ТАРАТУХИН Виктор Владимирович — кандидат технических наук, PhD, руководитель научной группы Европейского исследовательского центра в области информационных систем (ERCIS) Мюнстерского университета, Мюнстер, Германия

УЛЬЯНОВ Михаил Васильевич — доктор технических наук, профессор департамента программной инженерии, факультет компьютерных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

ШАЛКОВСКИЙ Алексей Геннадьевич — кандидат технических наук, директор Института информационных технологий, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

ISSN 1998-0663

BUSINESS INFORMATICS

INTERDISCIPLINARY ACADEMIC JOURNAL

CONTENTS

Business processes modeling and analysis

Albert Fleischmann, Werner Schmidt

S-BPM as a new impetus
in Business Process Management: A survey7

Internet technologies

Mikhail M. Komarov, Anna D. Khokhlova

Development of a business model
for Social Web of Services20

Software engineering

Pavel P. Oleynik

XOQL: Object Query Markup Language30

Data analysis and intelligence systems

Alexey A. Neznanov, Julia V. Starichkova

Refinement of classification of clinical diagnoses
in medical information system39

Modeling of social and economic systems

Sergey A. Glushenko, Alexey I. Doljenko

Fuzzy modeling of risks in investment
and construction projects48

Zaur N. Ismikhhanov

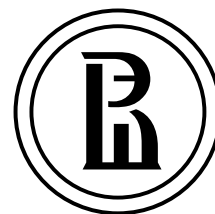
Modeling of the regional social and economic
development on the basis of a cognitive approach
(on materials of the Republic of Dagestan)59

Decision making and business intelligence

Tatiana K. Kravchenko, Alexey A. Druzhaev

Adaptation of ELECTRE family methods
for their integration into the Expert Decision
Support System69

№2(32)-2015



Publisher:

National Research University –
Higher School of Economics

**Subscription index
in the «Rospechat» catalogue –
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 Ministry
of Education and Science
of the Russian Federation*

Editor-in-Chief:

A. Golosov

Deputies Editor-in-Chief:

A. Gorbunov, D. Isaev

Design:

S. Borisova

Computer Making-up:

O. Bogdanovich

Website Administration:

I. Khrustaleva

Address:

33, Kirpichnaya str., Moscow,
105187, Russian Federation

Tel./fax: +7 (495) 771-32-38

<http://bijournal.hse.ru>

E-mail: bijournal@hse.ru

Circulation – 500 copies

Printed in HSE Printing House
3, Kochnovsky proezd, Moscow,
Russian Federation

© 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 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:

- ◆ Corporate information systems
- ◆ Information technologies in business
- ◆ Organizational and managerial problems of information systems development and implementation
- ◆ Mathematical modeling of economic and social processes
- ◆ Methods of information analysis
- ◆ Intellectual systems and knowledge management in business
- ◆ Information networks and telecommunications
- ◆ Software engineering
- ◆ Information security
- ◆ Electronic business
- ◆ Innovations and business in the sphere of information technologies
- ◆ Standardization, certification and quality
- ◆ Legislation in the field of business informatics
- ◆ Education in the field of business informatics.

Since 2010 the journal is included into the list of peer reviewed scientific editions established by the Supreme Certification Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

The journal is published quarterly and distributed both in printed and electronic forms.

EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF

Dr. Alexey GOLOSOV –

President of FORS Development Center, Russian Federation

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Dr. Alexey GORBUNOV –

Senior Researcher, Institute of US and Canada Studies

Dr. Dmitry ISAEV –

Associate Professor, Department of Business Analytics, School of Business Informatics, Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

EDITORIAL BOARD

Dr. Habib ABDULRAB –

Professor, Mathematical and Software Engineering Department, National Institute of Applied Sciences – Institut national des sciences appliquées de Rouen (INSA de Rouen), Rouen, France

Dr. Sergey AVDOSHIN –

Professor, Head of School of Software Engineering, Faculty of Computer Science, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Fuad ALESKEROV –

Professor, Head of Department of Mathematics, Faculty of Economics, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Eduard BABKIN –

Professor, Department of Information Systems and Technologies, Faculty of Business Informatics and Applied Mathematics (Nizhny Novgorod), National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Alex BAYER –

Head of KAFAN FX Information Services, New York, USA

Dr. Alexander BARANOV –

Professor, Head of Department of Information Security Management, School of Business Informatics, Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Jorg BECKER –

Vice Rector, Professor, Director of European Research Center for Information Systems (ERCIS), University of Munster, Germany

Dr. Vladimir BELOV –

Professor, Department of Computational and Applied Mathematics, Faculty of Computer Engineering, Ryazan State Radio Engineering University, Russian Federation

Dr. Andrey GRIBOV –

Director General, CyberPlat Company, Russian Federation

Dr. Alexander GROMOV –

Professor, Head of Department of Modeling and Business Process Optimization, School of Business Informatics, Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Vladimir GURVICH –

Invited Professor and Researcher, Rutgers Center for Operations Research, Rutgers, The State University of New Jersey, USA

Dr. Laurence JACOBS –

Professor, Medical School, University of Zurich, Switzerland

Dr. Kurt SANDKUHL –

Professor, Head of Department of Business Information Systems, Institute of Computer Science, Faculty of Computer Science and Electrical Engineering, University of Rostock, Germany

Dr. Nikolay ILYIN –

Deputy Head, Administration of Special Communication, Federal Security Guard, Russian Federation

Dr. Valery KALYAGIN –

Professor, Head of Department of Applied Mathematics and Informatics, Faculty of Business Informatics and Applied Mathematics (Nizhny Novgorod), National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Maria KAMENNOVA –

Director, BPM Logic, Russian Federation

Dr. Sergey KUZNETSOV –

Professor, Head of School of Data Analysis and Artificial Intelligence, Faculty of Computer Science, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Yevgeni KOUCHERYAVY –

Professor of Department of Electronics and Communication Engineering, Tampere University of Technology, Finland

Dr. Svetlana MALTSEVA –

Professor, Head of Department of Innovation and Business in Information Technologies, Head of School of Business Informatics, Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Peter MAJOR –

Vice-chairman, Radiocommunication Advisory Group of International Telecommunication Union (ITU), vice-chairman of the UN Commission on Science and Technology for Development (CSTD), Geneva, Switzerland

Dr. Boris MIRKIN –

Professor, School of Data Analysis and Artificial Intelligence, Faculty of Computer Science, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Vadim MOTTL –

Professor, Department of Information Security Management, Faculty of Cybernetics, Tula State University, Russian Federation

Dr. Dmitry PALCHUNOV –

Head of Department of General Informatics, Faculty of Information Technologies, Novosibirsk State University, Russian Federation

Dr. Panagote (Panos) PARDALOS –

Distinguished Professor and University of Florida Research Foundation Professor, Director of Center for Applied Optimization, Department of Industrial and Systems Engineering, University of Florida, USA

Dr. Albert SILANTYEV –

Professor, Department of Information Business Systems, Institute of Information Business Systems, National University of Science and Technology «MISIS», Russian Federation

Dr. Victor TARATOUKHIN –

Managing Director European Research Center for Information Systems (ERCIS) Competence Center ERP, Head of ERCIS Lab. Russia, University of Munster, Germany

Dr. Mikhail ULYANOV –

Professor, School of Software Engineering, Faculty of Computer Science, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

Dr. Alexey SHALKOVSKY –

Director of Institute of Information Technologies, National Research University Higher School of Economics, Russian Federation

S-BPM AS A NEW IMPETUS IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT: A SURVEY

Albert FLEISCHMANN

Owner, Interaktiv Unternehmensberatung

Address: 16, Burgfriedenstraße, Pfaffenhofen, 85276, Germany

E-mail: albert.fleischmann@interaktiv.expert

Werner SCHMIDT

Professor for Business Informatics, Technische Hochschule Ingolstadt, Business School

Address: 10, Esplanade, Ingolstadt, 85049, Germany

E-mail: werner.schmidt@thi.de

Subject-oriented Business Process Management (S-BPM) is a relatively new approach for the overall handling of work procedures in organizations, from analysis to IT-based execution. It focuses on the acting entities in processes (people, software, robots etc.) and their interactions to achieve the process goal. The explicit stakeholder and communication orientation makes it a promising candidate to overcome the major drawbacks of traditional BPM, as there are deviations of lived processes from their specification (model-reality divide), giving away opportunities for improvement proposed by employees (lost innovation) and slow adaption of organization and IT to changing requirements.

With its easy-to-understand and easy-to-use notation based on the Subject-Predicate-Object scheme of natural language, S-BPM facilitates semantic and organizational integration of people in the design of their work procedures. On the other hand, clear formal semantic behind the graphical notation allows automatic code generation for workflow execution at runtime. Hence, stakeholders can instantly test the models they created, and iteratively improve and complete them until they are considered ready for going live and being executed by a workflow engine. This leads to seamless roundtrip engineering based on a common understanding of both business and IT people, so it can significantly increase organizational agility.

The article first briefly explains the properties of the S-BPM approach, and then details their impact on the BPM lifecycle activities, with regard to improving stakeholder participation and BPM lifecycle responsiveness.

Key words: agility, process modeling, process execution, BPM life cycle, S-BPM, subject-oriented.

Citation: Fleischmann A., Schmidt W. (2015) S-BPM as a new impetus in Business Process Management: A survey. *Business Informatics*, no. 2 (32), pp. 7–19.

1. Introduction

1.1. Purpose and Methodology

Although Subject-oriented Business Process Management (S-BPM) is a relatively new approach, its recognition and application significantly grew both in science and in practice during the last decade. It resulted in numerous scientific articles, books and reports on its practical use.

The purpose of this contribution is to provide a summative overview of the concept and show how it can help overcome the typical shortcomings of traditional BPM approaches. We performed a comprehensive literature review, structured the results and added some new ideas/development lines. The article is structured as follows: we first discuss the shortcomings of the traditional BPM and the concepts to overcome them. Section 2 briefly

introduces the S-BPM approach, before we explain in Section 3 how S-BPM can influence single BPM life cycle activities and the overall BPM meta process, with respect to the improvement concepts mentioned in section 1.2. The conclusion in section 4 summarizes the S-BPM contributions to a more contemporary BPM, and touches some aspects of its further development.

1.2. Shortcomings of the Traditional BPM

Scientific Management by Taylor, aiming at efficient operation in a well-structured, stable, predictable economic environment, still forms the basis of traditional BPM. However, today’s enterprises often compete in global and dynamic markets, which requires high flexibility with regard to their product and service offerings, as well as their processes. As a consequence they need to shift to a more agile, self-organized form of organization [cf. 1, 10], by ‘fundamentally and holistically rethinking how the work is done, who does it, and how insights derived from social interactions are analyzed and acted on within the process’ [14]. This also refers to radical changes in the BPM life cycle [2, 26].

Due to its roots, the traditional BPM shows some significant shortcomings with regard to the required shift [3, 10, 21] (see Table 1, left column). In order to overcome them, a number of remedy concepts have been identified (see Tab. 1, right column) [2, 10]. As we will show later, S-BPM contributes a good part to the implementation of those concepts.

2. Introduction to S-BPM [12]

2.1. Properties

S-BPM is not just another modeling language, but a comprehensive methodology spanning the whole BPM life cycle. It suggests a shift of the paradigm, from the traditional control flow-based view to a stakeholder- and communication-oriented view of business processes. The subjects represent active entities in a process, and they behave in a certain way to accomplish the goal. Their behavior includes exchanging messages and performing activities with business objects. Hence, a subject-oriented specification of a process follows the standard sentence semantics of a natural language consisting of subject, predicate and object.

This is reflected in the graphical notation with only a few symbols. Constructing a Subject Interaction Diagram (SID) depicting the communication structure of a process only requires subjects and messages as symbols (see Fig. 1). Symbols for a function state, a send state and a receive state is all that is necessary to describe the sequential subject activities in the Subject Behavior Diagram (SBD, see Fig. 2). Behaviors are synchronized by messages (see the arrows in Fig. 2).

The graphical notation is based on a clear formal semantic, allowing for automated code generation (executable models).

This means there is only one model serving both as a communication means for business and IT people,

Table 1.

Shortcomings of the traditional BPM and remedy concepts

Shortcomings [3, 10, 21]	→	Remedy Concepts [2, 10]
<p>Model-reality divide Process implementation often does not sufficiently incorporate (well-defined) models causing their insufficient adoption by stakeholders. As a consequence, processes often are not executed the way they are modeled.</p> <p>Lost innovation Existing knowledge for improvement often is not being utilized, or it is not even recognized.</p>	→	<p>Semantic Integration Overcoming semantic barriers caused by different languages of the participants. For communication and mutual understanding, the community needs to be provided with a universal language covering all relevant aspects of business processes enabled by simple syntax. A minimum number of elements should allow high expressiveness with clearly defined semantics, which can be quickly mastered even by inexperienced users [24]</p>
<p>caused by</p>	→	<p>Organizational Integration Overcoming organizational barriers to avoid stakeholder exclusion, which can be caused by a lack of education, method and tool literacy, or simply not being part of the eligible groups in the organization. This also addresses the necessity to successfully organize participation of people with different objectives, abilities, competencies, positions, as well as to motivate them to contribute. [24].</p>
<p>Information pass-on threshold People do not pass on improvement proposals because the process might be too complicated and non-transparent.</p> <p>Lack of information fusion Organizational, methodological or tooling issues hinder stakeholder participation. The reasons for exclusion can include too formal modeling languages, too complicated software etc. Thus, users cannot actively participate in the creation of their work procedures, so they need to adopt those defined for them in a top-down manner by ‘white collar’ experts.</p>	→	<p>BPM Life Cycle Responsiveness Responsiveness of the BPM meta process needed to overcome procedural barriers. This means to design the BPM life cycle for flexible use, in order to quickly adapt to the environment changes, increasing organizational agility.</p>

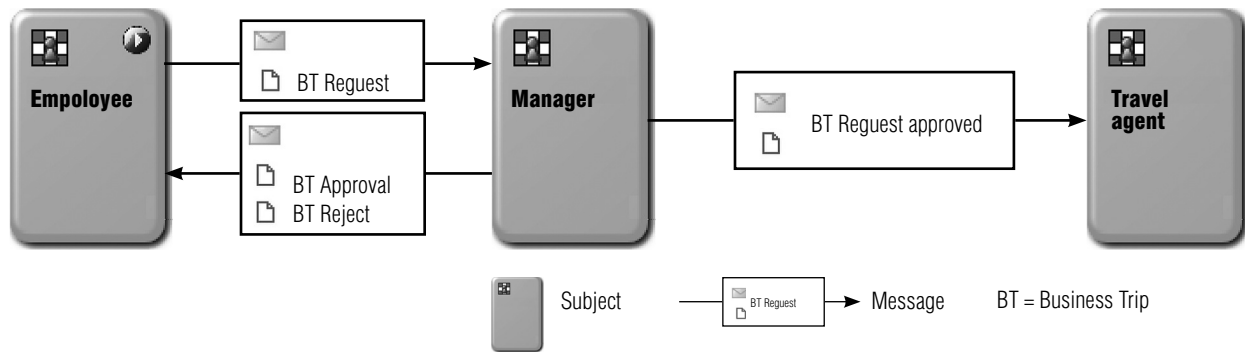


Fig. 1. Subject interaction diagram for a business trip request process

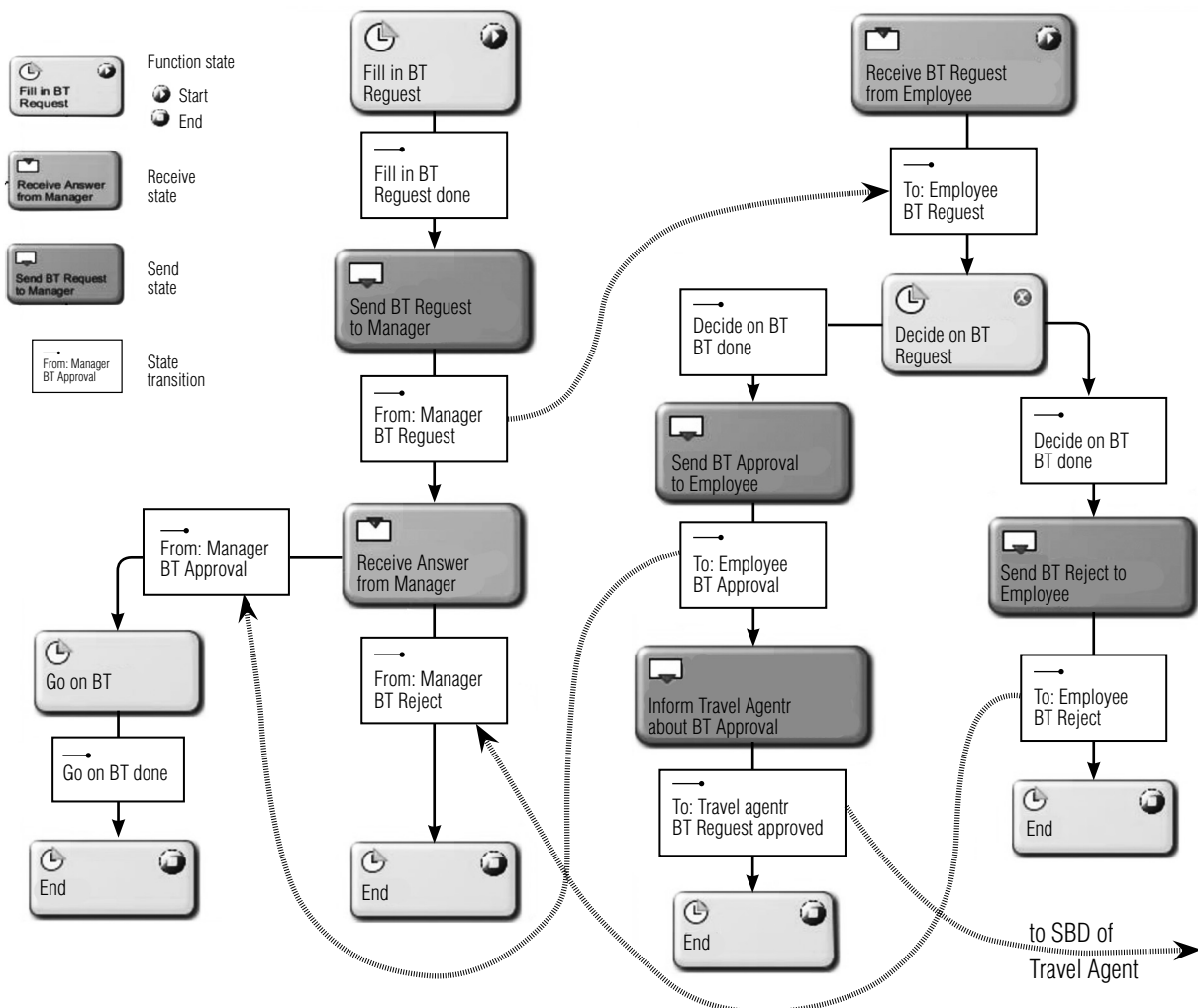


Fig. 2. Subject behavior diagrams for Employee and Manager

and as a business specification to generate the workflow application form. As a consequence, there is no inconsistency between the modeled behavior and implemented workflow system, the way it often can be seen in traditional BPM approaches, where transforming the business model into a technical implementation

creates a gap from the very beginning, and over time increases it in case of changes. To the contrary, S-BPM facilitates seamless roundtrip engineering, immediately feeding back user experience to the model from validation (see Section 3.2), as well as from execution (see Section 3.4).

2.2. Constituents [10]

The major ingredients of the S-BPM concept come from sociology and information science. The starting point for Fleischmann's developing S-BPM was Luhmann's statement that the smallest unit of organizations as social systems is communication, which is mostly implemented among humans through natural language with a subject, predicate and object. Looking for a way to model such communication, he was inspired by Calculus of Communicating Systems and Communicating Sequential Processes, process algebras by Milner and Hoare for specifying the communication (of processes) in concurrent systems (e.g., in operating systems). Adding aspects of object orientation, an input pool concept for message exchange and the aforementioned graphical notation, Fleischmann developed the Parallel Activities Specification Scheme (PASS), the core of S-BPM. The correctness of its formal semantic was proven by Börger, using the Abstract State Machine concept.

2.3. S-BPM in practice and science

Subject-oriented Business Process Management has been successfully applied in several countries and various industries like financial, telecommunication and health service providing, car manufacturing, publishing houses, as well as several application domains like IT service management, incident management or customer knowledge management [4, 5, 16, 19, 27]. It has been used by such companies as NEC, Hitachi, Swisscom and Fiducia.

The S-BPM approach is scientifically grounded by a lot of research work. Its establishment and further development is also accompanied by manifold scientific activities, not only bringing up additional features, but also providing proofs of the concepts and looking for beneficial use in operational practice. Examples for results of such activities in form of events, projects, publications, or institutions are:

- ◆ International S-BPM ONE conference series since 2009, annually bringing together a growing community of researchers and practitioners to share ideas, results, experience around the methodology and tooling (see www.s-bpm-one.org)

- ◆ Institute of Innovative Process Management (I2PM). This institution was established to promote innovative scientific discoveries and solutions in the field of process management, as well as to test them through academic work over the long term. The objective is to transfer the expertise from theory to practice (see www.i2pm.net). I2PM is the umbrella institution for the S-BPM ONE

conference series, as well as for the Open S-BPM initiative, which aims at spreading the idea and concept of the S-BPM approach, and to stimulating research on it.

- ◆ Numerous publications of books and articles in conference proceedings and journals

- ◆ Research bodies at universities, for example, in Germany (e.g., in Darmstadt, Ingolstadt, Hof) and Austria (Linz, Graz).

- ◆ Research projects run by those research groups in cooperation with partners from industry. Examples here are such EU-funded projects as Interactive Acquisition, Negotiation and Enactment of Subject-Oriented Business Process Knowledge (IANES; <http://ianes.eu/>) or Subject-Orientation for People-Centred Production (SoPCPro; http://cordis.europa.eu/project/rcn/109221_en.html).

2.4. Software tool support

Currently two commercial business process management suites based on the S-BPM methodology are available, offering comprehensive support of the BPM life cycle activities. The Java-based Metasonic Suite comprises of components for modeling («Build»), validating («Proof»), organizational embedding («User Manager»), execution and monitoring («Flow») and some administration tools («Model Manager», «Instance Manager» etc.) (www.metasonic.de). InFlow is the name of a .net-based solution using Microsoft components, which also provides functionality to bring processes from modeling to execution and monitoring (www.strict-solutions.at).

Under the Open S-BPM initiative (www.i2pm.net), several universities work on non-commercial S-BPM-based software tools [8], e.g., a workflow engine based on Core-ASM [18].

3. S-BPM impact on life cycle activities and on overall life cycle

In the following sections we outline the opportunities the S-BPM concept offers in the BPM life cycle activities and refer to respective contributions to support the remedy concepts in *Tab. 1*.

3.1. Analysis and modeling

Modeling language and interface types

The easy-to-understand and easy-to-use language empowers the domain experts to model their work procedures themselves. It also is extremely good at supporting tangible modeling interfaces, complementing intangible GUI-based ones (see *Fig. 3*) [6, 7, 10].

People can model a process on a tabletop interface called Comprehand with a digitally augmented modeling surface (see Fig. 3 upper left) [7]. They place graspable color-coded building blocks on the table. A video camera films all their movements and positions from below, while software interprets the results in real-time and displays them via a video projector on the table surface, as well as on an auxiliary screen. Modelers can connect elements by just touching each other, label them with a PC keyboard or use tangible tools like a rubber to erase connections between the building blocks. The modeling results adopted by all stakeholders can be imported in a GUI-based interface like Metasonic Build, in order to be elaborated and further processed. Comprehand supports many scenarios for joint, collaborative and spatially distributed modeling [20]. A commercial version called Metasonic Touch is available.

Buildbook and Rural Comprehand are technically less sophisticated tangible modeling S-BPM based interfaces. In Buildbook, letter cases represent subjects, while color-coded plugs are used to depict the three behavior states of the S-BPM notation (do, send, receive) and the state transitions (see Fig. 3 upper middle) [13]. When applying Rural Comprehand, the modelers lay out (magnetic) cards on pinboards and draw lines to connect them in order to construct S-BPM diagrams (see Fig. 3, upper right). In both cases, the models generated can be photographed, analyzed with image recognition and imported in a GUI-based interface for further processing.

Combining S-BPM properties with alternative interactive interface types for modeling can reduce method and tool overhead, lower the barriers for stakeholder involvement, increase their motivation and foster elicitation of implicit process knowledge. The high level of stakeholder inclusion and participation promises higher model quality, higher level of acceptance, less model-reality divide and better leveraging of the process know-how in the organization.

This means that S-BPM significantly contributes to improving the semantic and organizational integration of all stakeholders, facilitating organizational learning driven by them.

Intertwining S-BPM and Value Network Analysis (VNA) [28]

Value Network Analysis (VNA) is derived from Social Network Analysis (SNA). It identifies interactions between value creating and exchanging roles in networks, so it is highly appropriate for analyzing and designing subject-oriented processes. In particular, it helps to identify subjects and their communication to be included in S-BPM models. As VNA analyzes tangible and intangible deliverables, it not only excavates information about formal workflows, but also reveals process behavior that has not been documented or even recognized. Recognizing patterns of informal communication can help identify the «go to» persons with the right know-how, power etc. for actor-driven organizational development, according to the open S-BPM lifecycle (see Section 3.5). VNA

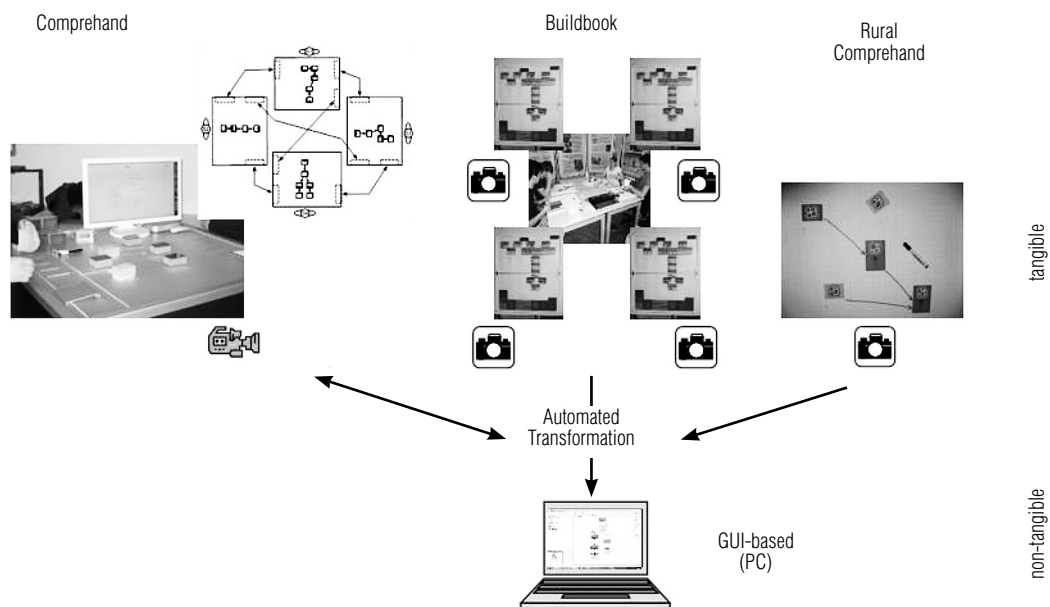


Fig. 3. S-BPM-based modeling interfaces (tangible and non-tangible)

can also help to assign the right-skilled people to subjects. Hence, intertwining S-BPM and VNA supports organizational integration and embedding (see Section 3.3).

Modeling by Construction and Restriction [11]

S-BPM offers an interesting opportunity with regard to the course of modeling. Traditionally, the design process starts with an «empty sheet» and modelers build up the process from scratch by adding elements as necessary (modeling by construction). Beside this, S-BPM allows modeling by restriction. This means the designer presets a «complete» process. It includes all the subjects that are part of the process, their behavior abstractions and an interaction structure, in which each subject can send any message to any other subject at any time, and can receive any message from any other subject, also at any time. From this starting point, the modelers restrict options step by step, by questioning whether a message is necessary to achieve the business goal related to the process, and remove it if not. Needed messages are labeled according to their semantic and, in any case, send and receive states are removed or adapted in the affected behavior specifications. S-BPM-based modeling by restriction can help to increase the model quality and decrease modeling time.

3.2. Validation and optimization

Before implementation, the process models need to be checked for effectiveness and logical correctness. As S-BPM models are executable, this cannot only be done in traditional walkthroughs using print-outs, large wall papers or projections, but also in IT-based role plays. A model only needs to be deployed onto a webserver, and then it can be tested by representatives of the subjects involved in a distributed web application at different locations. This is the way that they can verify whether the models' do, send and receive actions and their sequence really conforms to how work should be organized from their subject's perspective. Additionally, the availability of the right data at the right time can be checked, e.g., if a subject needs to make a decision in a particular state based on the data received by another subject. In case of any necessity to modify a behavior, the participants of the validation session can change the model on the fly and instantly test the new version again. Such iterations take place until all stakeholders have approved the model. This way of validation again adds to a high level of acceptance and quality of work procedure models. It also significantly reduces the time for building and mutually adopting the model, as compared to traditional approaches.

Hence, subject-oriented validation and optimization fosters integrating stakeholders semantically and organizationally. In pair with the seamless roundtrip engineering, this increases the BPM lifecycle responsiveness, and it can accelerate organizational learning.

3.3. Embedding into Organization and IT

The subjects in the S-BPM model are abstract behavior representations, which are executed by agents at runtime (subject carriers). Concrete agents can be acting elements like humans, robots, software and combinations of those subjects suitable to embody. They need to be assigned to the subjects in order to process instances in daily operation (Embodying).

Organizational embedding means integrating the process model into the existing structure by assigning organizational units and/or single people. The assignment must consider qualification and decision authority required for implementing a behavior, and aim for an optimal match with the know-how, skills and role or position of persons to be assigned. The embedding defines who really gets involved in process instances as initiator (which kind of instance can I start?) and contributor (which instances do I have to work on? → personal work list).

Embedding a model into the IT landscape refers to transforming it into an IT-based workflow controlled by a process engine, as well as to integrating other IT applications where needed. In the available S-BPM-based software environments, a workflow can be created without programming, due to the aforementioned precise formal semantic of the notation.

IT systems or services can be integrated by assigning them to subjects or calling them in respective behavior states. In both cases, interfaces need to be implemented, e.g., for messages exchange with such a subject carrier, or for manipulating business objects managed by another system. For instance, an SAP system could be integrated by addressing its Business Application Programming Interface (BAPI). This would require some lines of code provided in a so-called refinement in the respective behavior state, executed by the process engine at runtime.

With this way of embedding models into organization and IT S-BPM consequently decouples models from implementation. It results in a high level of flexibility in assigning elements of the organizational structure (people, organizational units) and IT to subjects: one process model can be implemented using different organizational structures or agent environments (human and/or IT), e.g., in different subsidiaries. In turn, those environments can serve to implement various process

models. This makes S-BPM a promising candidate for modeling and implementing Multi Agent Systems (MAS) [9, 17].

The described implementation flexibility that S-BPM enables with regard to organization and IT, as well as its roundtrip properties, positively influences BPM life-cycle responsiveness from the process implementation point of view.

3.4. Execution and monitoring

Subject execution control by process engine

During execution, the subject carriers assigned in the step of organizational and IT embedding (see Section 3.3) implement the behavior modeled for their subject. If the execution is controlled by a workflow engine, they are involved by this system according to the model when an instance is being processed. The process engine also provides the users with a list of processes they can start instance of, because they are assigned to the starting subject according to the organizational embedding (e.g., in a vacation request, usually possible for each employee).

The level of detail in the behavior specification defines the degree of freedom the process engine grants the actor for accomplishing their tasks. This usually depends on leadership style and governance in the organization. For example, in a Management by Objectives environment (MBO), only the aim (what?) is specified, while the stakeholders can choose their own ways to get there (how?). In S-BPM this is possible by just defining the interaction points and deliverables, and leave the remaining parts of the behavior open to be specified in more detail by the actors themselves (if necessary). This means they can modify (optimize) their behavior, as long as the interfaces to other subject are not affected.

Thus S-BPM can grant the stakeholders as much individual freedom for designing and performing their work as possible, while assuring coherence at the organizational level. High acceptance and responsiveness of the BPM lifecycle can be expected as an outcome.

S-BPM Support for traditional and Business Activity Monitoring [22, 23]

The subject-oriented BPM approach supports both traditional monitoring and the complementing Business Activity Monitoring (BAM) concept. The traditional business process monitoring creates an ex-post view on Process Performance Indicators (PPIs), such as cycle time. It collects instance data from transactional systems and event logs at runtime, stores it on an aggregated level in a data warehouse, analyzes it on request or periodically,

as well as reports and presents results (e.g., as-is vs. to-be values of PPIs) to particular target groups (e.g., process owner). S-BPM based process engines, such as Metasonic Flow, store all sorts of execution data, like number of instances per time, or time stamps for start and end of activities in their audit log (event log). This data can be used for creating reports including

- ◆ Runtime of currently executed and completed instances and duration status displayed as traffic light colors, depending on the time deviation of a maximum value specified in the process model (see Fig. 4a).

- ◆ Runtime of a currently executed instance (absolute value compared with the average), chronological sequence and runtime of single steps performed by the subjects involved (see Fig. 4b).

- ◆ Sequence of process steps of a currently executed instance and time stamps for their completion (see Fig. 4c).

- ◆ Number of instances created per period (e.g. week) of a particular process, average, minimum and maximum processing time per subject and per process step (activity) (see Fig. 4d).

BAM aims for measuring and analyzing metrics for occurring instances in real-time or near real-time. Based on the Complex Event Processing (CEP) concepts, BAM provides timely insight into the running processes, short-term signaling of deviations, and it can trigger exception handling like modifying the course of the current instance or starting another process.

[23] describe an integrated BAM/CEP architecture and an approach to add BAM parameters like activity duration or metric aggregation rules to S-BPM behavior diagrams at build time.

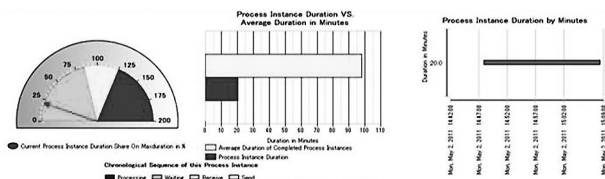
Such BAM architecture can increase responsiveness and assist to early recognizing problems in single instances, as well as taking actions to avoid negative consequences, like customers being dissatisfied and the probability of their cancelling orders.

S-BPM and Activity-based Costing [29]

S-BPM creates new opportunities for process controlling, due to providing both the functional and process-oriented view within one system. It explicitly considers the subjects and people assigned to them during organizational embedding. The multiplication of the time spent by the subjects on their activities with the wages of concrete subject carriers results in realistic process cost estimations with regard to personnel. Subject carriers link to the organizational structure units they belong to. As cost centers are assigned to those organizational units, process costs

Process name	Priority	Title	Creator	Start time	Running time	Duration state
Ordering (Simple Version)		My Metasploit Prof Process # 1		20 04 2011	0 0h(3)	🛑
Supply (Extended Version)	Normal	06/18/2011 11:34 - Ordering (Extended)_200+	John Doe	18 04 2011	18 0h(3)	🛑
Ordering (Extended Version)	Normal	06/18/2011 11:34 - Ordering (Extended)_200+	John Doe	18 04 2011	18 0h(3)	🛑
Ordering (Simple Version)	High	06/18/2011 11:48 - Ordering (Simple)_John_Cristobal	John Doe	18 04 2011	0 0h(3)	🛑

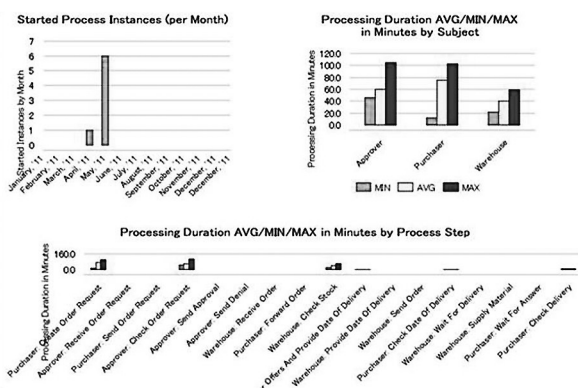
a) Instance Report 1



b) Instance Report 2



c) Instance Report 3



d) Process Report

Fig. 4. Instance and process reports created by S-BPM-based workflow engine

can be easily determined at the cost center level, providing valuable information for optimizing processes.

Modeling while Executing [10]

In Section 3.1 we presented modeling options applied before runtime. The S-BPM-based ModelAsYouGo approach [15] also facilitates dynamic modeling, where actors record their communication and functional behavior while executing a process instance. They can modify a model for a single instance by adding subjects or tasks not known at build time. If procedure patterns arise,

they can be used as input for formal models, following the Design-by-Doing principle [14, 25] and closing the roundtrip engineering cycle.

This is another facet of the S-BPM contribution to a more responsive BPM lifecycle.

3.5. Open S-BPM Life Cycle [10]

In the previous sections, we discussed the potential that S-BPM can unfold in single life cycle activities for improving organizational and social integration of stakeholders, as well as BPM life cycle responsiveness. The latter refers to the meta process of S-BPM, in which people can initiate, drive and perform the activity bundles in several: actors execute process instances and interact in order to create the process result (product, service). Experts and facilitators support them in S-BPM life cycle activities on demand. Experts can bring in special domain know how, for example, in IT, while facilitators guide the change process and ensure its adoption within the organization. Governors take care of the design and implementation of the BPM meta process, which sets the frame for organizational development. Cooperation of these roles along life cycle activities helps to align stakeholder behavior and IT capabilities in order to achieve the business goals. Unlike traditional approaches, S-BPM not only facilitates linear but also non-linear sequences of the activity bundles (see Fig. 5). The reason for that lies in its capability for seamless roundtrip engineering with executable models, contributing to stakeholder-driven dynamics and agile organizational development. Hence, we call the S-BPM life cycle ‘open’.

4. Conclusion

To conclude, we summarize the results of chapter 3 and then present some selective concepts for further developing of S-BPM.

4.1. S-BPM contributions to meet current BPM challenges

In section 1.2, we explained the shortcomings of the traditional BPM, as well as the concepts to tackle them in order to move to a more contemporary BPM (see Tab. 1). In Fig. 6, we seize these remedy concepts and assign them to the major features S-BPM has to offer for implementing them [10]. The figure also depicts the most important benefits, which can arise from applying subject orientation.

4.2. Lines of further development

In the previous sections, we described S-BPM as a people-centric BPM concept, which fosters a high degree of organizational and semantic integration of

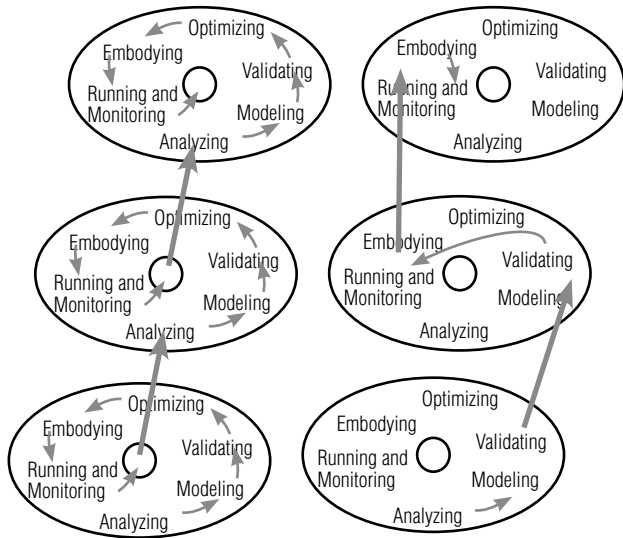


Fig. 5. Linear and non-linear S-BPM-based organizational development

stakeholders and life cycle responsiveness, all adding to increased agility of the organization. One of the reasons is that the simple S-BPM notation facilitates modeling interface types, such as those presented in Section 3.1 and discussed in more detail in [7], very well supporting the elicitation of process knowledge. However, these interfaces differ in learning effort for usage, possibility to further process the results and accessibility. For example, modeling software like Meta-sonic Build requires user training and buying licenses.

In case users only model from time to time, this might be a disadvantage. Tangible interfaces in form of modeling tables or letter cases, like Metasonic Touch and Buildbook, are easy to use, and their results can easily be brought to execution. Their availability might be limited though, e.g. because of cost. Brown paper modeling is easy and the equipment needed is available in each office. The disadvantage here is that manual transformation is required to prepare the model for execution or later modification.

Considering these limitations, we were looking for a modeling interface that would be available in nearly any work place and allow using the models created with it for direct execution by an IT system. This led to the idea of using MS Excel for describing S-BPM models. It is available on nearly each office desk, besides, spreadsheet files have a well-defined structure, which can further be processed by workflow tools. Subject interaction and behavior can easily be described in S-BPM notation following simple rules. Fig. 7 depicts the subject communication of the business trip example (compare with Fig. 1). The subjects are arranged in columns, and messages, in lines as combined cells, indicating direction beside their name and marking the receiver by higher/lower case.

In the subject behavior diagram, the columns contain behavior states of the three types (S=Send, R=Receive, I=Internal Function), while the combined cells in the rows serve to express the state transitions. The employee's

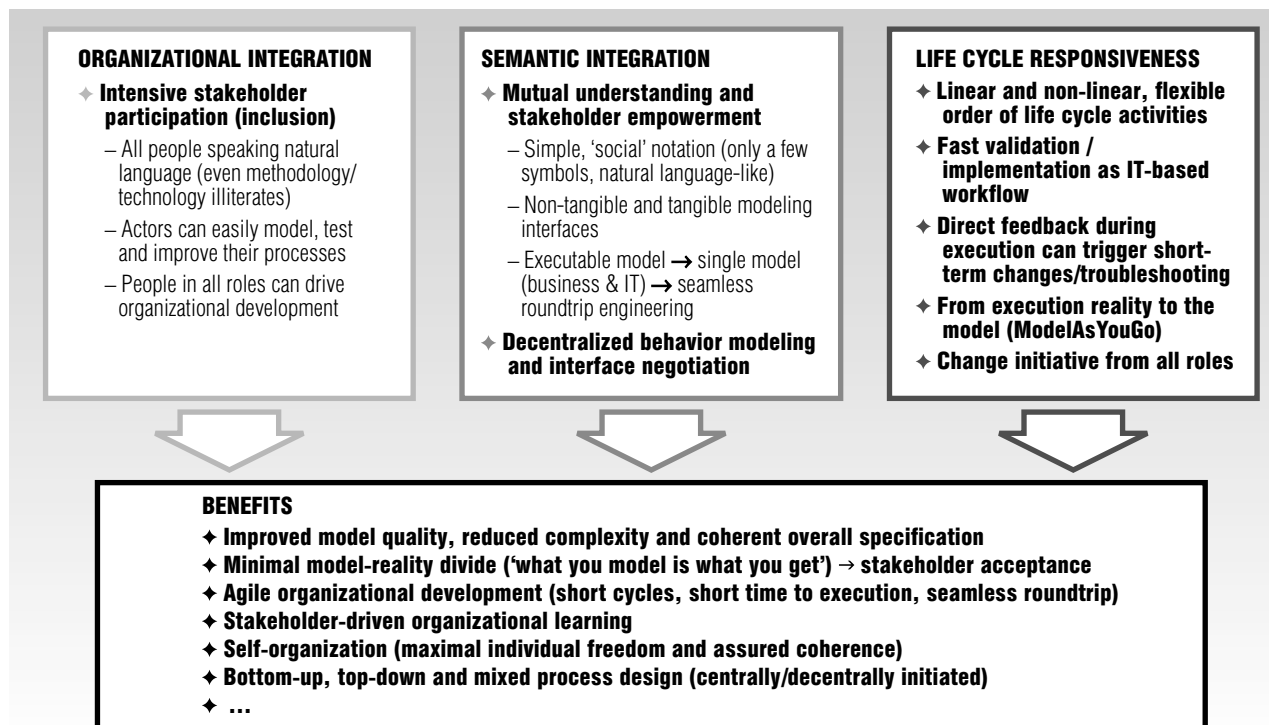


Fig. 6. S-BPM contributions to meet current BPM challenges

0	Employee	Manager	Travel agent
1	BT Resquest	>	
2	<	BT Approval	
3	<	BT Reject	
4		BT Resquest approved	>

Fig. 7. Subject interaction diagram defined with MS Excel

behavior is visible in Fig. 8 (compare with Fig. 2 left part).

The MS Excel tables describing a business process can be exported to files in the ‘Comma-Separated Values (CSV)’ format. For the employee behavior, this results can be seen in Fig. 9. The line numbers were included to directly refer to the rows in the table, we replaced the commas with semicolons as separators.

The CSV file contains all the information required for generating code for the subject-specific behavior. In order to allow comprehensive process specifications, the approach based on standard office tools needs to be extended. Further research should include concepts for input pool implementation and for incorporating the existing applications and data in form of business objects. The overall structure of the code for implementing a subject is given in Fig. 10.

Code generation out of the CSV format should consider emerging programming languages appropriate for cloud computing. The Akka framework in combination with Scala (<http://akka.io/>) is a promising candidate because it covers a lot of S-BPM aspects e.g., actors

```

;I;S;R;I;I;I
0;Fill in BT Request;Send BT Request
to manager;Receive Answer
from manager;Go on BT;End;End
1;Fill in BT Request done;>;;;
2;;To manager: BT Request;>;;
3;;;From Manager: Rejected;>;>
4;;;From Manager: Accepted;>;;
5;;;Go on BT done;>;
; ; ; ; ;
    
```

Fig. 9. CSV code of the subject behavior of ‘Employee’

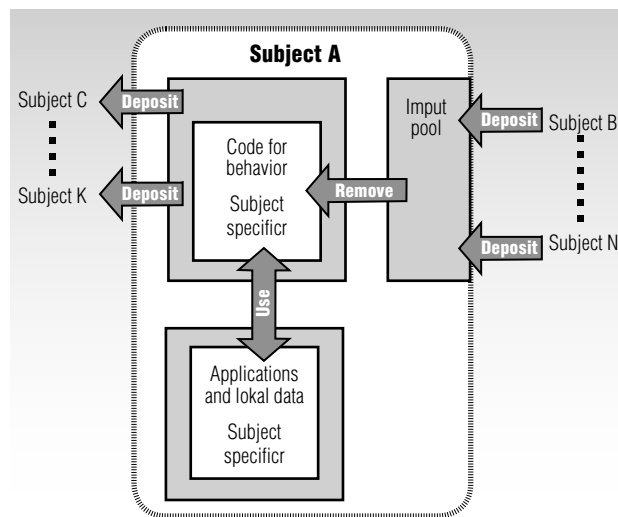


Fig. 10. Code structure for subjects

and asynchronous message exchange. First experiments with that environment led to promising results and will be continued. ■

	I	S	R	I	I	I
0	Fill in BT Resquest	Send BT to Resquest manager	Receive Answer from manager	Go on BT	End	End
1	Fill in BT Resquest done	>				
2		To manager: BT Resquest	>			
3			To Manager: Rejected			>
4			To Manager: Accepted	>		
5				Go on BT done	>	

Fig. 8. Subject behavior diagram of the subject ‘Employee’ specified in MS Excel

References

1. Back A., von Krogh G., Seufert A., Enkel E. (eds) (2005) *Putting knowledge networks into action*, Berlin: Springer.
2. Bruno G., Dengler F., Jennings B. (2011) Key challenges for enabling agile BPM with social software. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, no. 23, pp. 297–326.
3. Erol S., Granitzer M., Happ S., Jantunen S., Jennings B., Johannesson P., et al (2010) Combining BPM and social software: Contradiction or chance? *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, no. 22, pp. 449–476.
4. Fleischmann A., Schmidt W., Stary C. (2015) *S-BPM in the wild: Value creating practice in the field*, Berlin Heidelberg: Springer (in press).
5. Fleischmann A., Schmidt W., Stary C. (2014) Subject-oriented Business Process Management. *Handbook on Business Process Management*, 2nd edition (eds. J. vom Brocke, M. Rosemann), Berlin Heidelberg, Springer.
6. Fleischmann A., Schmidt W. (2014) Cognitive support for S-BPM user interfaces intertwining modeling and

- execution, Proceedings of the 32nd European Conference on Cognitive Ergonomics (Vienna, Austria, September 01-03, 2014), New York: ACM.
7. Fleischmann A., Schmidt W., Stary C. (2014) Tangible or not tangible: A comparative study of interaction types for process modeling support. *Human-Computer Interaction, Part II (ed. M.Kurosu)*, HCII 2014, LNCS 8511, pp. 544–555.
 8. Fleischmann A., Schmidt W., Stary C. (2013) Open S-BPM = Open innovation. Proceedings of the 5th International Conference S-BPM ONE 2013, Communications in Computer and Information Sciences (CCIS), Deggendorf, Germany, March 11-12, 2013 (eds. H.Fischer, J.Schneeberger), Berlin Heidelberg: Springer, pp. 295–320.
 9. Fleischmann A., Kannengießer U., Schmidt W., Stary C. (2013) Subject-oriented modeling and execution of multi-agent business processes. Proceedings of the 2013 IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technology (IAT) (Atlanta, US, November 17-20, 2013). IEEE Computer Society, pp. 138–145.
 10. Fleischmann A., Schmidt W., Stary C. (2013) Subject-oriented BPM = Socially Executable BPM. Proceedings of the 15th IEEE Conference on Business Informatics (CBI 2013), Workshop on Social Business Process Management (SBM 2013) (Vienna, Austria, July 15-18, 2013). IEEE Computer Society, pp. 399–406.
 11. Fleischmann A., Schmidt W., Stary C. (2012) A primer to subject-oriented business process modeling. Proceedings of S-BPM ONE – Scientific Research: 4th International Conference S-BPM ONE 2012 (Vienna, Austria, April 4-5, 2012), Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP), no. 104, Berlin-Heidelberg: Springer, pp. 218–239.
 12. Fleischmann A., Schmidt W., Stary C., Obermeier S., Börger E. (2012) *Subject-oriented Business Process Management*. Berlin-Heidelberg, Springer.
 13. Fleischmann C. (2013) *Subject-oriented process survey: An approach and modeling tool for executing subject-oriented process surveys*, Diploma thesis, Vienna: Vienna University of Technology.
 14. Gall N. (2012) Social BPM. *Hype cycle for Business Process Management* (ed. J.Dixon), Gartner Inc., pp. 27–29.
 15. Gottanka R., Meyer N. (2012) ModelAsYouGo: (Re-) design of S-BPM process models during execution time. *S-BPM ONE 2012, LNBIP*, vol. 104 (ed. C.Stary), Berlin: Springer, pp. 91–105.
 16. Konjack G. (2010) Case study: AST order control processing. *S-BPM ONE – Setting the stage for Subject Oriented Process Management, CICS*, vol. 85 (eds. H.Buchwald et al), Heidelberg: Springer Verlag, pp. 115–120.
 17. Lawall A., Schaller T., Reichelt D. (2013) Integration of dynamic role resolution within the S-BPM approach. *S-BPM ONE - 2013, CCIS*, vol. 360 (eds. H.Fischer, J.Schneeberger), Heidelberg: Springer Verlag, pp. 21–33.
 18. Lerchner H., Stary C. (2014) An open S-BPM runtime environment based on abstract state machines. Proceedings of the 16th IEEE Conference on Business Informatics (CBI 2014, Geneva, Switzerland, July 14-17, 2014). IEEE Computer Society, pp. 54–61.
 19. Nakamura S. et al (2011) CGAA/EES at NEC Corporation, powered by S-BPM: The subject-oriented BPM development technique using top-down approach. *S-BPM ONE – Learning by Doing - Doing by Learning, CCIS*, vol. 213 (ed. W.Schmidt), Heidelberg: Springer Verlag, pp. 91–105.
 20. Oppl S. (2011) Subject-oriented elicitation of distributed business process knowledge. *S-BPM ONE 2011, CCIS*, vol. 213 (ed. W.Schmidt), Berlin: Springer, pp. 16–33.
 21. Schmidt R., Nurcan S. (2009) BPM and social software. *BPM 2008 International Workshops, LNBIP*, vol. 17 (eds. D.Ardagna, M.Mecella, et al), Berlin: Springer, pp. 649–658.
 22. Schmidt W. (2013) Business activity monitoring. *Business Intelligence and Performance Management: Theory, systems and industrial applications* (eds. P.Rausch, A.Sheta, A.Ayesh), Springer UK, pp. 229–242.
 23. Schmidt W., Fleischmann A. (2013) Business process monitoring with S-BPM. Proceedings of the 5th International Conference S-BPM ONE 2013, Communications in Computer and Information Sciences (CCIS), vol. 360 (eds. H.Fischer, J.Schneeberger), Berlin Heidelberg: Springer, pp. 274-291.
 24. Schönthaler F., Vossen G., Oberweis A., Karle T. (2012) *Business processes for communities*, Berlin: Springer.
 25. Sinur J. (2010) *Design by doing: An extension to BPM behavior*. Available at: http://blogs.gartner.com/jim_sinur/2010/05/02/design-by-doing-an-extension-to-bpm-behavior/ (accessed 15 January 2015).
 26. Swenson K. (2010) The quantum organization: How social technology will displace the Newtonian view. *Social BPM* (ed. L.Fischer), Lighthouse Point: Future Strategies Inc., pp. 19–34.
 27. Walke T. et al (2013) Case Study @ Swisscom (Schweiz) AG: iPhone 5 Self-Service Order App and Process-Workflows. *S-BPM ONE – 2013, CCIS*, vol. 360 (eds. H.Fischer, J.Schneeberger), Heidelberg: Springer Verlag, pp. 264–273.
 28. Weber J. Schmidt W., Weber P. (2012) Using social network analysis and derivatives to develop the S-BPM approach and community of practice. Proceedings of S-BPM ONE – Scientific Research: 4th International Conference S-BPM ONE 2012 (Vienna, Austria, April 4-5, 2012), Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP), no. 104 (ed. C.Stary). Berlin Heidelberg: Springer, pp. 205–217.
 29. Zehbold C., Schmidt W., Fleischmann A. (2013) Activity-based costing for S-BPM. Proceedings of the 5th International Conference S-BPM ONE 2013, Communications in Computer and Information Sciences (CCIS), no. 360 (eds. H.Fischer, J.Schneeberger), Berlin Heidelberg: Springer, pp. 166-177.

S-BPM КАК НОВЫЙ ИМПУЛЬС В УПРАВЛЕНИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ: ОБЗОР

А. ФЛЯЙШМАН

Owner, Interaktiv Unternehmensberatung

Адрес: Burgfriedenstraße,

Адрес: Pfaffenhofen, 85276, Germany

E-mail: albert.fleischmann@interaktiv.expert

В. ШМИДТ

*Professor for Business Informatics, Technische Hochschule Ingolstadt,
Business School*

Адрес: 10, Esplanade, Ingolstadt, 85049, Germany

E-mail: werner.schmidt@thi.de

Субъектно-ориентированное управление бизнес-процессами (S-BPM) представляет собой достаточно новый подход к работе с различными бизнес-процессами в организациях, от анализа до их реализации, с использованием информационных технологий. Данный подход сфокусирован на действующих субъектах в процессах (человек, программное обеспечение, роботы и др.) и их действиях для достижения цели, поставленной перед процессом. Ориентация на различных стейкхолдеров и коммуникации делает данный подход более предпочтительным по сравнению с традиционными средствами управления бизнес-процессами. Это объясняется отсутствием различий между реальными процессами и их представлениями (разделения между моделью и реальностью), возможностями улучшений на основе предложений сотрудников компаний (отсутствием «потерянных инноваций»), а также относительно быстрой адаптацией организации и ее ИТ-инфраструктуры к изменяющимся требованиям.

С учетом простоты понимания и использования описательного подхода на основе схемы естественного языка «субъект-предикат-объект», S-BPM использует семантическую и организационную интеграцию людей при описании и проектировании бизнес-процессов. С другой стороны, понятная формализованная семантическая модель на фоне графического представления позволяет организовать автоматическое создание программного кода для выполнения потока рабочих процессов «на лету». Таким образом, стейкхолдеры могут сразу тестировать создаваемые модели, а затем итерационно их улучшать, дорабатывая до полной, по их мнению, готовности к выполнению и запуску на компьютере. Это ведет к реализации двустороннего подхода к проектированию, понятного для обеих сторон – бизнеса и специалистов в области информационных технологий, что значительно улучшает организационную составляющую и адаптивность подхода.

В статье представлены основные свойства и характеристики подхода S-BPM и рассматриваются особенности его влияния на жизненный цикл управления бизнес-процессами, с учетом повышения степени участия различных стейкхолдеров в моделировании и оптимизации бизнес-процессов.

Ключевые слова: быстрота, моделирование процессов, выполнение процессов, жизненный цикл бизнес-процессов, субъектно-ориентированное управление бизнес-процессами, субъектно-ориентированность.

Цитирование: Fleischmann A., Schmidt W. S-BPM as a new impetus in Business Process Management: A survey // Business Informatics. 2015. No. 2 (32). P. 7–19.

Литература

1. Back A., von Krogh G., Seufert A., Enkel E. (eds) Putting knowledge networks into action, Berlin: Springer, 2005.
2. Bruno G., Dengler F., Jennings B. Key challenges for enabling agile BPM with social software // Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice. 2011. No. 23. P. 297–326.
3. Erol S., Granitzer M., Happ S., Jantunen S., Jennings B., Johannesson P., et al. Combining BPM and social software: Contradiction or chance? // Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice. 2010. No. 22. P. 449–476.

4. Fleischmann A., Schmidt W., Stry C. S-BPM in the wild: Value creating practice in the field. Berlin Heidelberg: Springer, 2015 (in press).
5. Fleischmann A., Schmidt W., Stry C. Subject-oriented Business Process Management // Handbook on Business Process Management, 2nd edition / Eds. J. vom Brocke, M. Rosemann. Berlin Heidelberg, Springer, 2014.
6. Fleischmann A., Schmidt W. Cognitive support for S-BPM user interfaces intertwining modeling and execution // Proceedings of the 32nd European Conference on Cognitive Ergonomics (Vienna, Austria, September 01-03, 2014). New York: ACM, 2014.
7. Fleischmann A., Schmidt W., Stry C. Tangible or not tangible: A comparative study of interaction types for process modeling support // Human-Computer Interaction, Part II / Ed. M. Kurosu. HCII 2014, LNCS 8511. 2014. P. 544–555.
8. Fleischmann A., Schmidt W., Stry C. Open S-BPM = Open innovation // Proceedings of the 5th International Conference S-BPM ONE 2013, Communications in Computer and Information Sciences (CCIS), Deggendorf, Germany, March 11-12, 2013 / Eds. H. Fischer, J. Schneeberger. Berlin Heidelberg: Springer, 2013. P. 295–320.
9. Fleischmann A., Kannengießer U., Schmidt W., Stry C. Subject-oriented modeling and execution of multi-agent business processes // Proceedings of the 2013 IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technology (IAT) (Atlanta, US, November 17-20, 2013). IEEE Computer Society, 2013. P. 138–145.
10. Fleischmann A., Schmidt W., Stry C. Subject-oriented BPM = Socially Executable BPM // Proceedings of the 15th IEEE Conference on Business Informatics (CBI 2013), Workshop on Social Business Process Management (SBM 2013) (Vienna, Austria, July 15-18, 2013). IEEE Computer Society, 2013. P. 399–406.
11. Fleischmann A., Schmidt W., Stry C. A primer to subject-oriented business process modeling // Proceedings of S-BPM ONE – Scientific Research: 4th International Conference S-BPM ONE 2012 (Vienna, Austria, April 4-5, 2012), Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP). 2012. No. 104. P. 218–239.
12. Fleischmann A., Schmidt W., Stry C., Obermeier S., Börger E. Subject-oriented Business Process Management. Berlin-Heidelberg, Springer, 2012.
13. Fleischmann C. Subject-oriented process survey: An approach and modeling tool for executing subject-oriented process surveys / Diploma thesis. Vienna: Vienna University of Technology, 2013.
14. Gall N. Social BPM // Hype cycle for Business Process Management / Ed. J. Dixon. Gartner Inc., 2012. P. 27–29.
15. Gottanka R., Meyer N. ModelAsYouGo: (Re-) design of S-BPM process models during execution time // S-BPM ONE 2012, LNBIP. 2012. Vol. 104. P. 91–105.
16. Konjack G. Case study: AST order control processing // S-BPM ONE – Setting the stage for Subject Oriented Process Management, CICS. 2010. Vol. 85. P. 115–120.
17. Lawall A., Schaller T., Reichelt D. Integration of dynamic role resolution within the S-BPM approach // S-BPM ONE - 2013, CCIS. 2013. Vol. 360. P. 21–33.
18. Lerchner H., Stry C. An open S-BPM runtime environment based on abstract state machines // Proceedings of the 16th IEEE Conference on Business Informatics (CBI 2014, Geneva, Switzerland, July 14-17, 2014). IEEE Computer Society, 2014. P. 54–61.
19. Nakamura S. et al. CGAA/EES at NEC Corporation, powered by S-BPM: The subject-oriented BPM development technique using top-down approach // S-BPM ONE – Learning by Doing - Doing by Learning, CCIS. 2011. Vol. 213. P. 91–105.
20. Oppl S. Subject-oriented elicitation of distributed business process knowledge // S-BPM ONE 2011, CCIS. 2011. Vol. 213. P. 16–33.
21. Schmidt R., Nurcan S. BPM and social software // BPM 2008 International Workshops, LNBIP. 2009. Vol. 17. P. 649–658.
22. Schmidt W. Business activity monitoring. Business Intelligence and Performance Management: Theory, systems and industrial applications / Eds. P. Rausch, A. Sheta, A. Ayesh. Springer UK, 2013. P. 229–242.
23. Schmidt W., Fleischmann A. Business process monitoring with S-BPM // Proceedings of the 5th International Conference S-BPM ONE 2013, Communications in Computer and Information Sciences (CCIS). 2013. Vol. 360. P. 274–291.
24. Schönthaler F., Vossen G., Oberweis A., Karle T. Business processes for communities. Berlin: Springer, 2012.
25. Sinur J. Design by doing: An extension to BPM behavior [Электронный ресурс]: http://blogs.gartner.com/jim_sinur/2010/05/02/design-by-doing-an-extension-to-bpm-behavior/ (дата обращения 15.01.2015).
26. Swenson K. The quantum organization: How social technology will displace the Newtonian view // Social BPM / Ed. L. Fischer. Lighthouse Point: Future Strategies Inc., 2010. P. 19–34.
27. Walke T. et al. Case Study@Swisscom (Schweiz)AG: iPhone 5 Self-Service Order App and Process-Workflows // S-BPM ONE – 2013, CCIS. 2013. Vol. 360. P. 264–273.
28. Weber J. Schmidt W., Weber P. Using social network analysis and derivatives to develop the S-BPM approach and community of practice // Proceedings of S-BPM ONE – Scientific Research: 4th International Conference S-BPM ONE 2012 (Vienna, Austria, April 4-5, 2012). Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP). 2012. No. 104. P. 205–217.
29. Zehbold C., Schmidt W., Fleischmann A. Activity-based costing for S-BPM // Proceedings of the 5th International Conference S-BPM ONE 2013, Communications in Computer and Information Sciences (CCIS). 2013. No. 360. P. 166–177.

DEVELOPMENT OF A BUSINESS MODEL FOR SOCIAL WEB OF SERVICES

Mikhail M. KOMAROV

*Associate Professor, Department of Innovations and Business in IT,
School of Business Informatics, Faculty of Business and Management,
National Research University Higher School of Economics*

*Address: 20, Myasnitskaya str., Moscow, 101000, Russian Federation
E-mail: mkomarov@hse.ru*

Anna D. KHOKHLOVA

*MSc Program Student, School of Business Informatics,
Faculty of Business and Management,
National Research University Higher School of Economics*

*Address: 20, Myasnitskaya str., Moscow, 101000, Russian Federation
E-mail: khokhlova.a.d@gmail.com*

The object of this research paper is the way to organize an e-business based on the concept of smart things. In order to achieve the objective of this work - the development of a business model for Social Web of Services - several tasks were set and accomplished: existing concepts of the Internet of Things, the Internet of Service and the Web of Service were described, defined and redefined, making clear the differences and similarities between them. After this, the vision of the Social Web of Service concept is provided and several business models of service providers are reviewed based on the mentioned concept. The business models are presented in graphical view according to the business models representation methodology by Alexander Osterwalder. There is also a presentation of a new business model for a Social Web of Service company. This model was developed according to the analysis of existing companies, their strength points and ways of monetization, and main trends in this sphere. Moreover, some limitations of this model along with possible future development areas for it are provided. The offered paper may be considered as a novelty due to the new approach presented in it, identifying the Social Web of Service and the business model developed for companies working according to the for Social Web of Service concept, considering also companies working in areas close to Social Web of Service.

Key words: Internet of things, Internet of services, Social Web of Services.

Citation: Komarov M.M., Khokhlova A.D. (2015) Development of a business model for Social Web of Services. *Business Informatics*, no. 2 (32), pp. 20–29.

Introduction

Over the last decade, the Internet has changed drastically: nowadays it is impossible to imagine our life without it. People feel lost without a smartphone or a tablet next to them, even small kids use it widely and easily, for both entertainment and educational purposes. There are many predictions about possible ways of further development of the Internet, as well as about the ways it can influence people.

The changes described in this article occurred in 2008–2009, when the number of Internet connected things exceeded the number of people on the Earth. According to Cisco Internet Business Solutions Group [1] that was the «birth» of the Internet of Things (IoT), even though the IoT concept first appeared in 1999, thanks to the work at the Auto-ID Center in Massachusetts Institute of Technology (MIT). Along with the Internet of Things, researchers are talking about the Internet of Services and the Web of Services. Even if these

terms look very similar, they have noticeable distinctions, though they enhance, overlap and supplement the original concept.

The main opportunity brought to people by the Internet of Things is a wide range of methods and means for humans to interact with the world. Besides being a new way to interact with electronic devices, it is also a new way to use any «things», beginning from your kettle or lamp to your car, refrigerator, your «smart home» etc. This IoT approach could turn over the very idea of living, the opportunities it offers could change our routine life, making it look like the most daring fantastic stories. Nowadays it is hard to imagine the whole picture of IoT usage, but there are no doubts that it will transform each area of human life.

As future changes are unavoidable, business wants to make money on this. That's why both famous and respected companies and new start-ups pay so much attention to the research and development of new «things», applications and services. Smart watches, smart bracelets, smart shoes, smart homes and other «smart» things are well-known and are in demand even now, and we don't know what kind of rush for such kind of technologies may arise in the future, when there will be 50 billion devices connected to the Internet in 6 years, according to Cisco's predictions [1].

Companies use different business models in order to monetize their services or sell their products, but the most common ones are multi-sided platforms, free approach, and bait & hook model.

This research will analyze the business models of several companies that provide services falling under the Web of Services approach, in order to discover some main trends in monetization and delivering the product to the client. The main trends will be analyzed and implemented in order to develop a business model for the Social Web of Things.

1. Internet of Things, Internet of Service and Web of Service concepts

Despite the apparent simplicity of the term «*Internet of Things*», it is rather difficult to give it a proper explanation. However, the main aim is obvious: the Internet of Things is created in order to facilitate the connection between the applications and services of the virtual world, on one side, and the physical world of things, on the other, for us to control and sense our environment in a better and more efficient way.

With the great rise of interest to the IoT, more and more researchers tend to give their own definition of

this term. Casagras [2], SAP [3] and EPoSS [4] define this term in different ways, which can be considered as three different approaches, distinguished by Atzori and others [5] as «the semantic oriented vision, the Internet oriented vision and the Things oriented vision», correspondingly.

It is remarkable that each definition tries to give the most detailed and rather technical information, even touching the issues of security, standardization and particular technologies, which should enable the process of interchanging data. In our opinion, it is unjustified to some extent, because we are forced to reconsider and redefine the term due to the ongoing modification of technologies, approaches and standards. That is why we prefer the following definition, which is more common but still reflecting the essence of the concept: the Internet of Things is a term used to describe a situation when everyday objects are connected to the Internet and participating together using some services, while conventional connected devices converge with smart appliances.

The need of the services or, simply, applications, which would regulate the automatic interaction between smart things, is becoming the second biggest question. That is why the term «*Internet of Services*» was born. The phenomena of the IoS may concern different spheres [6], however, in this research we would like to focus on its connection with the IoT. The Internet of Services answers the question of how we communicate and engage with the Internet of Things. The IoT is stuffed with data: every device spews out petabytes every day. No question that all this flow of information must be understood and analyzed. The IoS suggests that every connected system has its own unique API, and the metadata collected from a group of systems has APIs. It will simplify the consumption of key information and events, the decision-making and management for all the services. The Internet of Services will replace the API platforms, so that a large amount of data produced by things can be shared with the data consumers, i.e. apps, people or other «things».

The term «*Web of Services*» makes an accent on the technical realization of the IoS. Such a web makes services accessible to and processable for machines, having a semantic architecture in common and following main web principles, such as decentralization, modularity, simplicity, addressability via URIs and being built for machines.

The main problem of the WoS today is that there is no clear definition of what constitutes a service at a concep-

tual level. Therefore, there is no unified way to describe a service semantically, though different approaches are developed (OWL-S, WSMO, WDSL-S). Thus, as long as there are many services available on the web, there is no opportunity to find them automatically, without human intervention.

If the unified way to describe a service is applied, a wide range of possible applications will be accessible, such as:

- ◆ Service discovery: a machine will be able to find a service to solve a problem automatically, without consulting a person;
- ◆ Contracting and execution: a machine could choose the best option among the available services in terms of execution and contracting details, for example, the service price or necessity frequency;
- ◆ Billing or revenue sharing: a machine could be able to make a best deal with the service provider on such things as billing or revenue sharing for service usage;
- ◆ Experience-based failure replacement: if the chosen service falls short of the user's expectations, a machine would replace it with a better one. It can also rate the service, making other machines know the quality of the services used;
- ◆ Service detalization: a machine could be able to split a task into subtasks and find a service for each of them. These services may be carried out simultaneously, if it cuts the costs or is logically possible.

Having made the distinctions between terms IoT, IoS and WoS clear, we would like to focus on the Social Web of Services. There is no official definition of this term, as there is no example of a successfully operating social web of services. That is why we would like to explain what we mean exactly by the term SWoS.

As there is no formed Web of Services, which provides an opportunity to find and use available services automatically, yet, there might be an opportunity to share services or the experience of using them between people via a social network. That could be a transition period between the IoS and the WoS, while the researches are working on the semantic approach to service description or any other solution to the existing problem.

In order to suggest a possible business model for a Social Web of Services, we would like to explore the existing business models of service providers. In order to locate the area of research, we will focus on the services related to controlling smart things.

2. Existent business models overview

Today almost all major IT companies are developing smart things, so they offer applications to control them. As corporations' business models do not entirely depend on this kind of services, we prefer to explore several startups in more detail.

The first one to mention is *SmartThings*. This project was successfully funded on Kickstarter in 2012, having collected almost five times more than they had intended, i.e. \$ 1.2 million. Today they offer a whole range of services. First and the most interesting for us is their mobile application, which helps to control all the user's smart devices. It is free to download and allow the remote control of smart devices in your home.

The Dashboard in the app lets the user see what is happening at their home, monitoring each device, configuring the instructions for them and discovering new ways of using them. On the Things screen, you can organize your smart things into groups based on your own classifications. There is also an opportunity to «communicate» with your smart home, which looks like you are sending a message to it. This is the way you can customize different actions to automatically happen, and receive notifications when something is actually happening.

As long as this application is free to download and use, the company also has its own SmartThings Shop, which offers a wide range of smart things: hubs, motion, presence and moisture sensors, power outlets, strobe alarms, lighting controls, different types of door locks, and even a relay fixture module and a shield for Arduino. It is fair to notice that the cost of such devices is around \$50, which is quite affordable. The only exception are the door locks, which are far more expensive – around \$200. Some of the available devices is produced by SmartThings itself, others are bought from external developers.

Another domain of services is SmartThings Solutions. The company provides different suites for common control scenarios, such as:

- ◆ Detect Leaks and Floods;
- ◆ Keep Valuables Safe and Items Secure;
- ◆ Automate Your Lights;
- ◆ Know Who's Home When You're Not;
- ◆ Turn Things On/Off When You Come & Go;
- ◆ Keep Tracks of Kids and Elders;
- ◆ Control Window ACs, Fans and More;
- ◆ Lock and Unlock Your Door.

These solutions include a suite of necessary sensors and a scenario of the application work. It is more prof-

itable to buy a canned solution than to get all sensors separately and generate a scenario by yourself. For example, a solution to detect leaks and floods includes two moisture sensors and costs \$99. At the same time, a single sensor costs \$54, so buying a package can save you almost \$10 and many efforts.

The company regularly conducts promotion campaigns, providing discounts or special occasion kits. They also keep a blog where they share best practices from their clients and describe new possible ways to introduce their technologies into modern life.

As for customer support, they offer a quick guide to their app, a troubleshooting service, forming the SmartThings Labs and SmartThings community of makers and developers. The two last services are of the greatest interest to us. Labs gives an experimental early access to popular third-party devices and services that can work together with SmartThings. That let us suppose that they also make money on third parties' devices promotion and testing. As for developers, SmartThings provides an open API for those who want to integrate from an external system, and in order to support off-the-shelf devices, they already support Zigbee and A-Wave pro-

ocols. They also plan to support IP-connected devices and cloud-connected devices. The SmartThings mobile application includes an apps catalog of developed apps services, such as Apple Store and similar. The SmartApp programming language is a Domain Specific Language based on the Groovy programming language, the specifications of which are open, the company also provides a range of tutorials and examples for the developers.

All provided information and some of our personal assumptions let us define their business model. We will use the Osterwalder canvas, as it is the most illustrative, simple and understandable way to represent company's business model (Fig. 1).

Unfortunately, SmartThings devices are available in USA and Canada only, and are not easy to access worldwide, which limits the growth possibilities.

Another startup aiming to provide an opportunity to control smart devices is *Revolv*. It was founded in 2012 as Mobiplug, graduated from TechStart incubator and received \$2.7 million from Foundry Group (a venture capital firm), having their first sales started in 2013. They offer similar to SmartThings application to control








<p>Key Partners </p> <ul style="list-style-type: none"> Smart things producers Suppliers of components of own production Application developers Logistic companies 	<p>Key Activities </p> <ul style="list-style-type: none"> Continually develop and maintain the app Customer's problem solving Collaboration with smart things producers and developers Marketing 	<p>Value Proposition </p> <p>1. For customers:</p> <ul style="list-style-type: none"> Free mobile app, which help to control all user's smart devices Smart Things shop allows to buy a smart device and to buy a finished scenario to connect devices without necessarily being a programmer Online customer support <p>2. For developers:</p> <ul style="list-style-type: none"> An open Smart Things app catalogue to sell and share your apps and services <p>3. Producers</p> <ul style="list-style-type: none"> An opportunity to distribute your goods and to test you developing devices on «real» market before actually launching th product 	<p>Customer Relationships </p> <p>For customers:</p> <ul style="list-style-type: none"> Personal assistant online Communities for developers Agreements with smart things producerst 	<p>Customer Segments </p> <p>1. Customers - people who are interested in technologies and have or want to have a smart devices and/or a way to control them</p> <p>2. Developers - who want to creat apps to control smart devices and probably earn on sharing and distributing them</p> <p>3. Producers of smart things who want to sell their goods, mafe them more popular among interested audience</p>
<p>Cost Structure </p> <ul style="list-style-type: none"> Management and developing the application Agreement's with suppliers costs Resources for Smart Things devices production 		<p>Revenue Streams </p> <ul style="list-style-type: none"> Selling of smart things and solutions Commission fees from selling third-parties solutions on Smart Things app catalogue Commission fees from distributig, support and testing of third parties devices 		

Fig. 1. Proposed SmartThings business model

devices, but there are several noticeable distinctions.

First of all, a user can simply create different scenarios by themselves, without downloading any additional applications. Moreover, Revolv utilizes the GeoSense technology, so the user can «control his/her house automatically based on their proximity to or from home, all with their phone never leaving a pocket».

Secondly, the range of supported devices is wider: at the moment of this research, they support Philips Hue lights, Yale and Kwikset locks, Sonos Hi-Fi speakers, Belkin WeMo, Honeywell thermostats and Insteon sensors. It means that such things as audio or temperature control is available on Revolv but not on SmartThings, though, for example, only the latter provide a moisture sensor. There is no proof of their cooperation with smart devices manufacturers, so they probably provide accessibility of third-party devices on their own. Unlike SmartThings, the only thing produced by Revolv itself is Revolv Hub (\$299), which is used to interconnect all the devices. All the smart things are supposed to be bought by the user themselves on Amazon.com (all links to the necessary products are provided).

Thirdly, probably because of the later launching, Revolv still does not have open API or developer's guide, though they are officially planning to make it available. Their blog and customer support are not as convenient

and informative as that of SmartThings, but we suppose it's also due to the later market entry.

The most important Revolv technological difference is that it uses other radio standards: Insteon, WiFi and Z-Wave are available now, and Zigbee will be added this year. Afterward, they intend to ship 900 MHz, 415 MHz and 933 MHz. Remarkably, they guarantee lifetime subscription, which enables GeoSense automation and remote updates that allow Revolv's seamless integration with the products the user already owns for the lifetime of the product.

Unfortunately, today Revolv operates with iOS only, but they are planning to issue an Android version in Q2 2014. They also suggest that the users leave requests for devices to be supported and assure that they take these requests very seriously. Similarly to SmartThings, they don't ship or distribute their product to other countries except for United States, because to enter a country, they first have to complete the research and compliance processes, as well as comply with the protocol certification requirements for each country. As they have seven radios, this would be a rather lengthy and complicated process.

The business model for Revolv in the Osterwalder canvas could be the following (Fig. 2):

The problem of unified control of all smart devices ex-










<p>Key Partners </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Suppliers for Revolv Hub's components 	<p>Key Activities </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Continually develop and maintain the app ◆ Enhance the range of supported devices ◆ Manufacturing the Revolv Hubs ◆ Customer's problem solving ◆ Marketingg 	<p>Value Proposition </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Revolv Hub and application which help to control smart devices and to create your own control scenarios ◆ Lifetime subscription for support of the products user already owns 	<p>Customer Relationships </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Blog ◆ Community for customers ◆ Customer support 	<p>Customer Segments </p> <p>People who are interested in technologies and have smart devices and/or a way to control them</p>
<p>Key Resources </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ An extensive IT and logistics infrastructure ◆ Intellectual resources ◆ Content and agreements 		<p>Channels </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ The Internet: <ul style="list-style-type: none"> - online purchase - online customer support ◆ Delivery to US only 		
<p>Cost Structure </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Management and developing the application ◆ Hub's production costs 			<p>Revenue Streams </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Selling of Revolv Hubs 	

Fig. 2. Proposed Revolv business model

exercised the minds of such giants as Microsoft, Cisco and others, but their projects had little success.

Thus for today, the main limitation for new market players is the range of supported devices and their availability. In order to sweep the market, it is crucially important to work with the most popular and affordable smart devices. The greatest competition today is on the US market, where there are several competitors and the maximal share of iOS devices compared to other countries [7]. At the same time, in other countries, Samsung has more power, because the availability of its competitors' devices is limited, while Samsung products are readily available. However, there is still an opportunity to beat the electronic giant with the type of supported devices. While Samsung operates with its own appliances, which are rather massive and expensive, it is possible to enter the market with smaller, cheaper and simpler devices, like the sensors and power outlets offered by SmartThings and Revolv.

Samsung is a strong competitor, due to its brand strength, service level and resources for development, but the market of smart devices control application is still unsaturated, which leaves an enter opportunity for new players, both for the Russian market and for other countries.

There are also several providers of communication to any service via an encrypted P2P connection (Weaved) [8] or different services for developers (Microsoft HomeOS and others). However, the three described companies are the main pretenders for the unified method of controlling smart devices.

3. Business model of Social Web of Services

The first presentation of the idea of Social Web of Services belongs to the Russian startup called *Thinger*. It took place in 2013, when its creators took part in Microsoft Imagine Cup 2013. They presented a prototype of a web resource that gives a user centralized access to their smart devices and allows them to create their own interaction scenarios. Unfortunately, due to some financial problems, this service still hasn't entered the market, but the very idea of interaction between devices via their own network seems to be very promising.

Unlike SmartThings or Revolv, this type of service is not limited by home automation. The concept of Social Web of Services supposes that things will have an opportunity to «communicate» with each other according to specific scenarios, without human interaction. SmartThings and Revolv let the owner of things know when something is wrong, for example, if a flood happens or a

door was opened unexpectedly, by sending them a notification. SWoS will do it another way: it will automatically contact a maintenance service, or inform the police about breaking in. The applying is similar to the Web of Service concept, but here the search of the necessary service is not automated, the instructions should be chosen by the user, i.e. the owner of smart things. One of the creators of Thinger gives the following example of its possible use: «When your car detects that you are almost out of gas, it changes the route in your navigation system so that it passes the nearest gas station.»

Our example of a possible business model for a company based on the SWoS concept is presented below.

The value proposition in this case is defined mostly by the functions supported by the system. Let's say that we suggest a platform and an application for your smartphone, which lets you control your smart devices. While the platform provides an opportunity to write different scenarios, the app is a «light» version of the platform, so you can just add or remove the scenarios you already have. A user has an account in the Social Web of Services and can connect their devices, each of which has its own profile. Technically, this SWoS can be an expansion of the existing social networks, such as Facebook or VKontakte, but we will consider it as a solitary web, so that we can fully focus on the service it provides. At the same time, there is a developing tool, which gives the user an opportunity to create their own scenarios of interaction between the devices. While the users' things has their own profiles, they also has specific types as «smartphone», «kettle», «door», «lock», «car», «refrigerator», etc. so the scenarios are written not for particular things, but for the specific type of things. This allows users and developers to create common scenarios and share/sell them on the SWoS Store.

This brings us to the next segment of our customers: the developers. These people may be common users, but they also are programmers. It is important to notice that, although the SWoS offers an opportunity to create scenarios with a simple intuitive interface, so that even a non-programmer can use this option, it is limited to basic functions and can include not more than X things (the exact number of the things supported is not important, we only need such a limitation to save an opportunity to sell «complex» scenarios, avoiding frightening users away with the lack of available scenarios). Nevertheless, knowing JavaScript or any other programming language supported by the SWoS, developers can create more complex, high-level scenarios, which can involve more things and services.

Besides ordinary users and developers, there are two other customer segments: things and service providers. As a usual social network contains groups and official pages, our SWoS contains Service and Provider pages. In order to create such a page, a service provider or a device supplier should pay to the company, though in the start-up period this access could be granted for free to fill the platform. A Service Page (SP) is a so-called e-shop of services. This means that, for example, a gas station in the example above creates a page, which reflects the services provided. They specify the type of gas they sell, its price, their location and other necessary information. They also may create their own scenario, which enables cars to automatically book a place in the queue, to add their location to the route or anything else if they are going to fill in the car. A user can buy their scenario (service) on the SWoS Store and enhance it with some limitations, for example, the price level or the distance so that this service would not work if the price is higher than they want or they are farther than several kilometers. SPs also aggregates service feedbacks, collects customers' comments, calculates the rate of the service and can have a usage counter.

Things producers' pages are similar to SPs, but they also have an opportunity to sell things or share the access to them. It might be difficult to imagine how the remote access to a kettle, which might be situated abroad, could be useful, but here is an example. Imagine that you don't have smart TV, but you want to record some particular TV program. Therefore, you can use the remote smart TV from the producer in order to get the record. Alternatively, you want to try a new X-box game, but you don't have the console. Getting the remote access to somebody's X-box, you can play this game on your own smart TV.

Sharing things is also one of the main features of the SWoS concept. You can provide several levels of access to your smart devices to your friends. For example, when you don't need some of your devices, your friend can use them, or you can share the access to your alarm clock with your colleague so that they could choose a ringtone and time for it. The main distinction of such friendly sharing from the Producer Page (PP) is that such sharing is free, while producers can sell the access.

SWoS is a multi-sided platform and doesn't have any other channels but the Internet. It provides free access to the platform and a free mobile app, but it makes money on its cooperation with service providers and suppliers. The creation of such pages is chargeable, and it also takes a small commission fee on the paid sharing of devices. Its SWoS Store also returns good interest from

each purchase. Moreover, the impersonal statistical information about the smart things usage is sold to third parties. SWoS can also sell target advertising places, which provide additional income.

The key resources of SWoS are intellectual resources, such as the users' personal information, databases, development tools and other know-hows and IT technologies. The key activities of a SWoS-based company should include the support of the platform and applications, as well as constant work with service providers and things producers, i.e. verifying them and controlling their activity in order to protect the users from illegal content and other violations.

The cost structure mainly includes the expenses on the platform and apps support, along with employees' salaries and agreements with suppliers' costs. The latter arise when the SWoS begins to support third-party devices, which do not have open APIs, so that it is necessary to make an agreement with the smart thing's producer, in order to include their devices in our supported devices list.

The business model of SWoS in terms of the Osterwalder canvas looks like this (*Fig. 3*):

Conclusions

Thus, the developed business model of Social Web of Services combines the idea of common social web and usual service selling, increasing the quantity of revenue streams and enhancing the usual ways of controlling smart devices. It may be the transition way to the full Web of Services, and it can increase human's way of living by creating a «smarter world».

This concept also has several predictable problems concerning its protectability, privacy and legitimacy. We are sure that the question of system's hacking resistance should be the first issue to solve before launching the platform. It is important to convince people that their private information will not be transmitted to other parties, and no one will have access to their devices without their permission. It is important to have an army of your own employees, whose only responsibility would be to monitor the system's security. There also may be some technical way on the user's side to protect themselves from the attack, for example, there might be additional updatable passwords or additional profile connections to the user's data, in order to restrict access from suspicious locations etc.

Another possible problem that could concern the SPs and PPs is illegal content or fake providers. This should be resolved with legal agreements with providers when








<p>Key Partners </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Smart things producers ◆ Service providers Application's developers ◆ Government officials ◆ Government officials 	<p>Key Activities </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Continually develop and maintain the platform and applications ◆ Customer's problem solving ◆ Collaboration with smart things producers and developers ◆ Security ◆ Marketing 	<p>Value Proposition </p> <p>1. For customers:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Free way to control smart device, create own scenarios, facilitate life ◆ An opportunity to share device and use others' devices <p>2. For developers:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ An opportunity to write your own high-level scenarios ◆ An open SWoS Store scenarios catalogue to sell and share your services <p>3. For producers:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ An opportunity to sell an access to your device, promote your service, connect with customers <p>4. For service providers:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ An new way to sell end promote your service 	<p>Customer Relationships </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Online support ◆ Communities for developers ◆ Agreements with smart things producers and service providers ◆ Communities for providers 	<p>Customer Segments </p> <p>1. Customers - people who are interested in technologies and want to control their device and automate their work</p> <p>2. Developers - who want to create apps to control smart devices and probably earn on sharing and distributing them</p> <p>3. Producers of smart things and</p> <p>4. Service providers who want to sell their products, make them more popular among interested audience</p>
<p>Cost Structure </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Management and developing the application ◆ Agreement's with suppliers costs ◆ Employees salaries 		<p>Revenue Streams </p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Commission fees from selling third-parties scenarios on AWoS Store app catalogue ◆ Commission fees from sharing devices ◆ Selling an opportunity to create SP and PP ◆ Advertising places selling ◆ Statistical information selling 		

Fig. 3. Proposed Social Web of Services business model

creating the page, as well as special monitoring of their activity, so that you can share your risks.

The ownership of such kind of service could also constitute a problem. That is why we recommend the ownership be shared not only with private companies, but also with government officials, and perhaps, while the service is international, its localizations in different

countries should be separated, in order to protect users from different restrictions of the local government.

In conclusion, we would like to say that we believe that such kind of service can be implemented in our lives in the nearest future, as soon as smart devices become more accessible and service providers, more digitalized, so it can mark the beginning of the next Internet revolution. ■

References

1. Evans D. (2011) *The Internet of things. How the next evolution of the Internet is changing everything*. Cisco Internet Business Solutions Group. Available at: https://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf (accessed 20 June 2014).
2. *Casagras IOT Definition*. Casagras. Available at: http://cordis.europa.eu/news/rcn/30283_en.html (accessed 20 June 2014).
3. *SAP IOT Definition*. SAP Research. Available at: http://services.future-internet.eu/images/1/16/A4_Things_Haller.pdf (accessed 20 June 2014).
4. *ETP EPOSS IOT Definition*. ETP EPOSS. Available at: http://old.smart-systems-integration.org/internet-of-things/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_v3.pdf/download (accessed 20 June 2014).
5. Atzori L., Iera A., Morabito G. (2010) The Internet of things: A survey. *Computer Networks*, no. 54 (15), pp. 2787–2805.

6. *SEEKDA*. Available at: <http://www.slideshare.net/dipina/towards-future-internet-web-30-internet-of-services-internet-of-things#> (accessed 20 June 2014).
7. *ComScore research*, February 2014. Available at: http://www.comscore.com/Insights/Press_Releases/2014/4/comScore_Reports_February_2014_US_Smartphone_Subscriber_Market_Share (accessed 20 June 2014).
8. *Weaved Overview*. Available at: <http://www.yoics.com/overview> (accessed 20 June 2014).
9. Osterwalder A., Pigneur Y. (2010) *Business model generation. A handbook for visionaries, game changers, and challengers*. Hoboken: John Wiley & Sons.

РАЗРАБОТКА БИЗНЕС-МОДЕЛИ ДЛЯ СОЦИАЛЬНОГО ВЕБА СЕРВИСОВ

М.М. КОМАРОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры инноваций и бизнеса в сфере информационных технологий, школа бизнес-информатики, факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

*Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20
E-mail: mkomarov@hse.ru*

А.Д. ХОХЛОВА

студент магистратуры, школа бизнес-информатики, факультет бизнеса и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

*Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20
E-mail: khokhlova.a.d@gmail.com*

Предметом исследования в данной работе является способ организации электронного бизнеса, базирующегося на концепции умных вещей. Для реализации цели работы – разработки бизнес-модели социальной сети вещей – были поставлены и решены следующие задачи: описаны существующие концепции Интернета вещей, Интернета сервисов и веба сервисов, даны уточнения определений каждого из понятий, приведены основные характеристики и выявлены различия между данными концепциями. В работе приводится видение концепции социального веба сервисов, а также проводится обзор и анализ компаний и бизнес-моделей процессов предоставления услуг данными компаниями на основе сформулированного видения социального веба сервисов. Бизнес-модели каждой из рассматриваемых компаний представлены в графическом виде на основе методологии представления бизнес-моделей Александра Остервальдера. В работе предлагается собственная бизнес-модель для компании, работающей в рамках концепции социального веба сервисов, разработанная с учетом проведенного анализа существующих на рынке компаний и их сильнейших сторон и способов монетизации, а также основных перспективных направлений развития в данной сфере. Также предлагается ряд условий и ограничений применения предлагаемой модели, наряду с возможностями для дальнейшего развития данной концепции. Новизна предлагаемой работы заключается в определении социального веба сервисов и разработке бизнес-моделей для компаний, работающих в рамках социального веба сервисов, с учетом анализа существующих бизнес-моделей компаний, ведущих свою деятельность в смежных и близких к социальному вебу сервисов областях.

Ключевые слова: Интернет вещей, Интернет сервисов, социальный веб сервисов.

Цитирование: Komarov M.M., Khokhlova A.D. Development of a business model for Social Web of Services // Business Informatics. 2015. No. 2 (32). P. 20–29.

Литература

1. Evans D. The Internet of things. How the next evolution of the Internet is changing everything. Cisco Internet Business Solutions Group, 2011. [Электронный ресурс]: https://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf (дата обращения 20.06.2014).
2. Casagras IOT Definition. Casagras. [Электронный ресурс]: http://cordis.europa.eu/news/rcn/30283_en.html (дата обращения 20.06.2014).
3. SAP IOT Definition. SAP Research. [Электронный ресурс]: http://services.future-internet.eu/images/1/16/A4_Things_Haller.pdf (дата обращения 20.06.2014).
4. ETR EPOSS IOT Definition. ETR EPOSS. [Электронный ресурс]: http://old.smart-systems-integration.org/internet-of-things/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPOSS_Workshop_Report_2008_v3.pdf/download (дата обращения 20.06.2014).
5. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of things: A survey. Computer Networks. 2010. No. 54 (15). P. 2787–2805.
6. SEEKDA. [Электронный ресурс]: <http://www.slideshare.net/dipina/towards-future-internet-web-30-internet-of-services-internet-of-things#> (дата обращения 20.06.2014).
7. ComScore research, February 2014. [Электронный ресурс]: http://www.comscore.com/Insights/Press_Releases/2014/4/comScore_Reports_February_2014_US_Smartphone_Subscriber_Market_Share (дата обращения 20.06.2014).
8. Weaved Overview. [Электронный ресурс]: <http://www.yoics.com/overview> (дата обращения 20.06.2014).
9. Osterwalder A., Pigneur Y. Business model generation. A handbook for visionaries, game changers, and challengers. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

XOQL: OBJECT QUERY MARKUP LANGUAGE

Pavel P. OLEYNIK

System Architect Software, Aston Company; Associate Professor, Shakhty Institute (branch), Platov South Russian State Polytechnic University (NPI)

Address: 1, Lenin square, Shakhty, Rostov Region, 346500, Russian Federation

E-mail: xsl@list.ru

Modern corporate information systems (CIS) are designed by employing object-oriented paradigm and concepts. This approach is often applied both to implement client applications and to build a server component (target DBMS). The application of object-oriented design pattern in software development enables to save business objects from RAM to persistent memory. This paper focuses on XOQL (XML Object Query Language) - an object query language that uses XML to describe syntax. This article presents a deep and comprehensive review of existing publications. Abundance of examples enables to demonstrate various currently available languages.

This paper suggests a feasible option to present basic syntactic constructions of object query language in the form of XML-documents. Prior to syntax design the optimality criteria have been formulated (these are described in detail in this paper). Query language syntax extensions are outlined in addition to basic ones, as well as extension approaches by involving proprietary constructions. An optimal language structure is presented accompanied by descriptions of tags, attributes and admissible values. At the end of this article there are plenty of examples of various common queries.

Key words: object query language, corporate information systems, query language, markup language, XML, databases.

Citation: Oleynik P.P. (2015) XOQL: Object Query Markup Language. *Business Informatics*, no. 2 (32), pp. 30–38.

1. Introduction

Extensible Markup Language (XML) is used to represent semi-structured data, i.e. information, which structure is unknown or is anticipated to face profound future changes [1]. Due to its flexibility, visibility and existence of a large number of supporting technologies this language is utilized in different parts of a corporate information system (in server database, client application, server applications). One of tasks requiring retention of information, which structure is unknown in advance, is a task to present syntax of a data query language (QL) (for example, SQL, OQL, LINQ, etc.). Implementation of these QL as XML-documents will enable to unify the data manipulation process, which in this case does not depend on any specified data source (file system, RDBMS, OODBMS, etc.).

The suggested syntax may be used at the transport level to transmit queries between levels and tiers in a complex information system. To generate queries and to perform

syntax parsing one may use third-party libraries, which are available on target client or server platform.

Classic implementation of a syntax representation of a query language in a software application is in the form of text strings containing key words [2], pertaining to respective grammar. In doing so, full implementation of such QL entails (according to the author) the following disadvantages:

1. The necessity to carry out a comprehensive semantic analysis for syntax by itself. Interdemand to develop strings handling classes, which will check a particular query for grammar and syntax to build a tree for added tokens of a query language.

2. The necessity to build a class hierarchy to generate a query construction. Modern applications are designed on object-oriented programming languages (OOPL) and manipulate instances of classes, calling their methods and assigning attribute values. It is best to use the generation of a query by creating a class instance (object) of syntax constructions.

Using XML to present a query language syntax would allow to avoid the above listed disadvantages and independent language from specific DBMS used to store information.

The plurality of XML analyzers and parsers for client and server applications enables to simplify the process of syntactic and semantic analysis. These parsers have an object model to generate programmatically the structure of XML documents, which constitute an object query in this case.

2. Related papers and technologies

All existing literature can be divided into three major categories:

1. Papers, which describe implementation of query languages in object-relational mapping (ORM) tools;
2. Articles, which deal with domain-specific query language, research in certain data domains;
3. Publications, which specify ways of using XML-documents in certain syntax constructions of query languages.

Each of these categories is described in detail in the following subsections.

2.1. Query languages, implemented in ORM-tools

Currently object-relational mapping (ORM) tools have been increasingly used in information system design to implement an object system in relational DBMS. Every ORM-tool implements its own object query language dialect. For example, Hibernate software product supports HQL and incorporates a rich class object model designed to generate a query [14].

HQL-query is recorded in the <query> tag in the CDATA section, and its structure is similar to SQL. It does not use the possibility of organizing a hierarchy of nodes for a clearer presentation of a structure and syntax of an object query, i.e. HQL developers have resorted to classical implementation, as described above, involving a syntax analysis and verification of certain strings of defined grammar; a built-in hierarchy of classes has been developed as well to support a query generation.

Enterprise JavaBeans (EJB), a technology that can be regarded as ORM-tool implemented on Java language, supports EJB-QL query language that enables various manipulations with objects (to select, to insert, to update, to delete, etc.) [12]. It is possible to write EJB-QL-query in a configuration file (in the descriptor deployment) that is a XML-document.

A query that uses only one <ejb-ql> tag consists of strings of SQL-like QL. Therefore, it suffers from the above listed drawbacks.

2.2. Domain-specific query languages

Query language design issues are discussed in theoretical papers dealing with object-relational mapping patterns. Article [13] describes QL implementation that enables to select class instances from a RDBMD-based object system, and a query can be built based on a XML-schema published in the above mentioned paper.

This implementation makes it possible to extract main temporal data, and it is used in a specific data domain (medical IS). Therefore, the language is not orthogonal to the data domain and cannot be used as the main information system in a different profile.

It is possible to include a specific language — CAML (Collaborative Application Markup Language) into this category of papers; it is presented in [21-22] and employs Windows SharePoint Services that supports a single cross-enterprise electronic workflow.

To extract data the <Query> tag is used; the <Where> inner node enables to create complex expressions with a combination of comparison and logical operations. In each comparison operation the <FieldRef> tag is utilized to indicate links in a field, and the <Value> node presents a comparable value. Note that the <Value> node can contain either a constant or a field name. In this complex arithmetic expression a similar text string should be specified. More correctly, this needs to be done with nested tags, thus providing an opportunity to describe complex expressions.

Let's consider another domain-specific markup language. KDDML (KDD Markup Language) is used as an intermediate language to extract information through knowledge discovery CISs. [23-24].

To formulate a query the <KDD_QUERY> root tag is used; it enables to identify a query unambiguously by using a name specified in the «name» attribute. Then, this query can be executed using a name in the <CALL_QUERY> tag. To determine a structure of decision trees generated for data analysis and extraction the <TREE_MINER> XML-element is utilized. The xml_dest attribute specifies a location, where output data will be saved. Therefore, this language can only be used in knowledge-based decision support systems. Substantive findings of the literature review suggest that a domain-

specific query language cannot be used as a uniform data query language.

2.3. Methods for presentation of certain syntactic constructions of query languages as XML

Papers within this category most closely correspond to tasks addressed in this article, because these offer a unified approach to certain syntactic constructions of QL. This problem has been solved in XSQL [20], where a markup language has been designed to describe SQL-query structures.

The root element is the `<xsql>` tag, containing one or more queries that are described in the `<query>` tag. First of all, we are interested in a set of tags, which are used to extract data, therefore, let's consider the `<select>` child nodes tag. The `<table_column>` node indicates a field name (`<column>`) and a corresponding table name (`<table>`). XSQL doesn't offer any simple way to specify columns to be extracted and to set alias for a field. To specify conditions for data filtering the `<conditional>` tag is used that contains predicates in the form of string expressions.

To create complex queries and queries with parameters the `<statement>` tag that contains the SQL-query is utilized. This approach to query description suffers from the above mentioned disadvantages relating to ORM-tools (Sec. 2.1).

Unfortunately, at present the XSQL project is no longer being developed and now only dtd-description of some constructions is available, that is clearly not enough to describe queries for a real-world application.

Another approach developed for submission to logical conditions for SQL language filter (for submission of design directives) is described in [25] that deals with SIML (Software Integration Markup Language).

SIML uses the `<sql>` tag that specifies a list of fields and tables, which information must be selected to be written as a SQL-string. This approach has the above listed disadvantages.

Use the `<filters>` child XML-node that contains conditions for data filtering. Each individual comparison condition is created by the `<query>` tag: a field name is specified in the `<field>` tag, and a value is indicated in the `<value>` tag.

Basically, [25] describes equality comparison operations only. Construction of predicates, containing complex logical expressions with multiple operations, is not covered in the above mentioned paper. Also, an idea of

two opposite approaches to description of selected fields (as a string SQL-query) and filtering conditions (as a set of nested tags) constitutes a serious disadvantage, that manifests itself in the impossibility of writing a query for data extraction from a number of tables and implementation of join – operations. These deficiencies have resulted from the fact that SIML had been designed as a language aimed to integrate data stored in different sources, and not as a QL.

A study, where SQL syntax presentation principles have been elaborated most comprehensively, refers to ZsqlML project (Zenark's XML for SQL) [26].

Though ZsqlML offers a number of advantages (like all other languages, outlined earlier in this section, involving nested SQL constructs), it has a huge drawback: it is intended for submissions to SQL syntax that lacks many object extensions and is used often to develop object-oriented applications.

Summarizing the review of all three categories of papers, one could argue that each of the considered approaches (and tools) has a number of disadvantages. The following sections of this paper describe an implemented query language syntax that lacks the above mentioned weaknesses.

3. Implementation of XOQL query language

Modern corporate information systems (CIS) are designed by employing the object-oriented paradigm. To develop an objective data domain model software application that enables to save business object to persistent memory the following approaches are used often:

1. The use of an object-oriented DBMS for data storage. The functional capabilities of object-oriented DBMSs are specified in ODMG 3.0 Standard [16-17].
2. Implementation of application's business logic in object-relational DBMS. Object extensions of relational DBMSs are regulated by SQL:2003 Standard [10].
3. Implementation of an object system in relational DBMS environment (object relational mapping, ORM) [13, 15].

Every tool that implements one of these approaches provides the developer with a specified query language. In author's opinion, the most developed one is the object query language (OQL, Object Query Language). Its latest specification is presented in «The Object Data Standard: ODMG 3.0» [16]. At the same time, each manufacturer of an object-oriented DBMS (OOD-BMS) supports a subset of language constructions (their own dialect) [17].

3.1. Optimality criteria to be implemented in a query language

The main advantage of XML is the availability of a large number of interrelated technologies that define and control the syntax (semantic) structure of an application (language), which creation doesn't necessitate any partial parsing, as this case implies a performed parser [3]. Modern OO-languages include a class library and XML parser [3-6]. In addition, the latest versions of popular DBMS, such as Oracle, MS SQL Server and DB2, support embedded data XML type that is currently included in SQL 2003 standard [7-10].

To define valid structures of QL to be followed by a syntax analysis (in our case – parsing) various technologies can be used, for example, by creating DTD-definitions or by involving XSD-(XDR-) schemes. If this is not enough, a syntactic (and semantic) analysis can be performed by using queries in XQuery language that enables to return individual elements (nodes) of a XML-document [11].

To build a semantic structure in XOQL optimality criteria need to be formulated, and these should correspond to QL implementation (OCQL):

1. Independence of a data domain pertaining to a developed software application. This will enable to unify QL and to apply it in any information system. Therefore, it is necessary to identify the structure of common query language XML-nodes with such names as <Select>, <From>, <Where>, etc, as its name indicates that selected tags are not relevant to data domain, but describes various elements of QL.

2. A clear structure of a query, implemented with a set of nested XML-nodes. Nested XML-nodes are often used to ensure the most accurate display, in particular, in the hierarchy of QL commands. For example, the <Where> element should be inside the <Select> element, as it indicates a data filtering condition and determines the Select type of a request (data extraction). Correctness of embedded XML-nodes can be checked during query parsing by employing dependent technologies, as described above.

3. The possibility to extend query language syntax by introducing new constructs using nodes and attributes. Because a query structure does not depend on a data source (OCQL4), the addition of any new tags (and attributes) does not affect applications that use older versions of the syntax, i.e. expansion will occur in accordance with the backward compatibility principles. Since a query is executed on a data source (e.g., RDBMS), procedures need to be developed to transform a XML-spe-

cific query into QL that is supported by a source. When adding a new element representing specific query language syntax a target DBMS requires adjustment procedures for transformation.

4. Availability of basic syntactic constructions, which are presented in Object Query Language (OQL). Key features of the object query language include: 1) a path expression to describe complex relationships between classes, and 2) possibility to extract as a part of a projection not only an atomic value from an attribute class, but whole objects (class instance). Its implementation (and a backlog) will provide a developer with a functional IS offering ample opportunities to select, update and delete data, similar to modern QL implemented in many popular OODBMS, ORM-tools and in distributed object applications.

5. Independence from any data source, data model and application architecture. Despite the fact that a query language should support syntactic constructions of an object query language (OQL), the same query can be used to manipulate (to select, to update, to delete) information physically stored in different data sources (OODBMS, ORM-tools, ORDBMS, etc.). For each data source the transformation procedure developed in the dialect supports QL. Given the magnitude of today's ERP, and the fact that client applications can simultaneously work with multiple DBMS, implementation of the above listed criteria will enable to reduce the cost of developed applications operating in heterogeneous environments. The language syntax does not depend on architecture of applications, and transformation in QL supported data source can be performed at any tier (layer) of a software application.

3.2. XOQL language syntax constructions

In order to determine allowable syntax semantics QL describes XML-schema (*Fig. 1*). The <XOQL> tag is rooted in any XOQL-query; it has an attribute version, designed to describe a version of a query language. The value of this attribute is analyzing of a program that carries out transformation of XOQL-query into QL supported by a target DBMS. This technique offers organized support for backward compatibility, which allows applications to deal with different versions of the language. The <Select> child element indicates that a query selects information from the repository. Since other types of queries (inserting, deletion and modification) are not considered in this paper, the relevant syntactic structure (presented by XML-tags) is absent in *Fig. 1*.

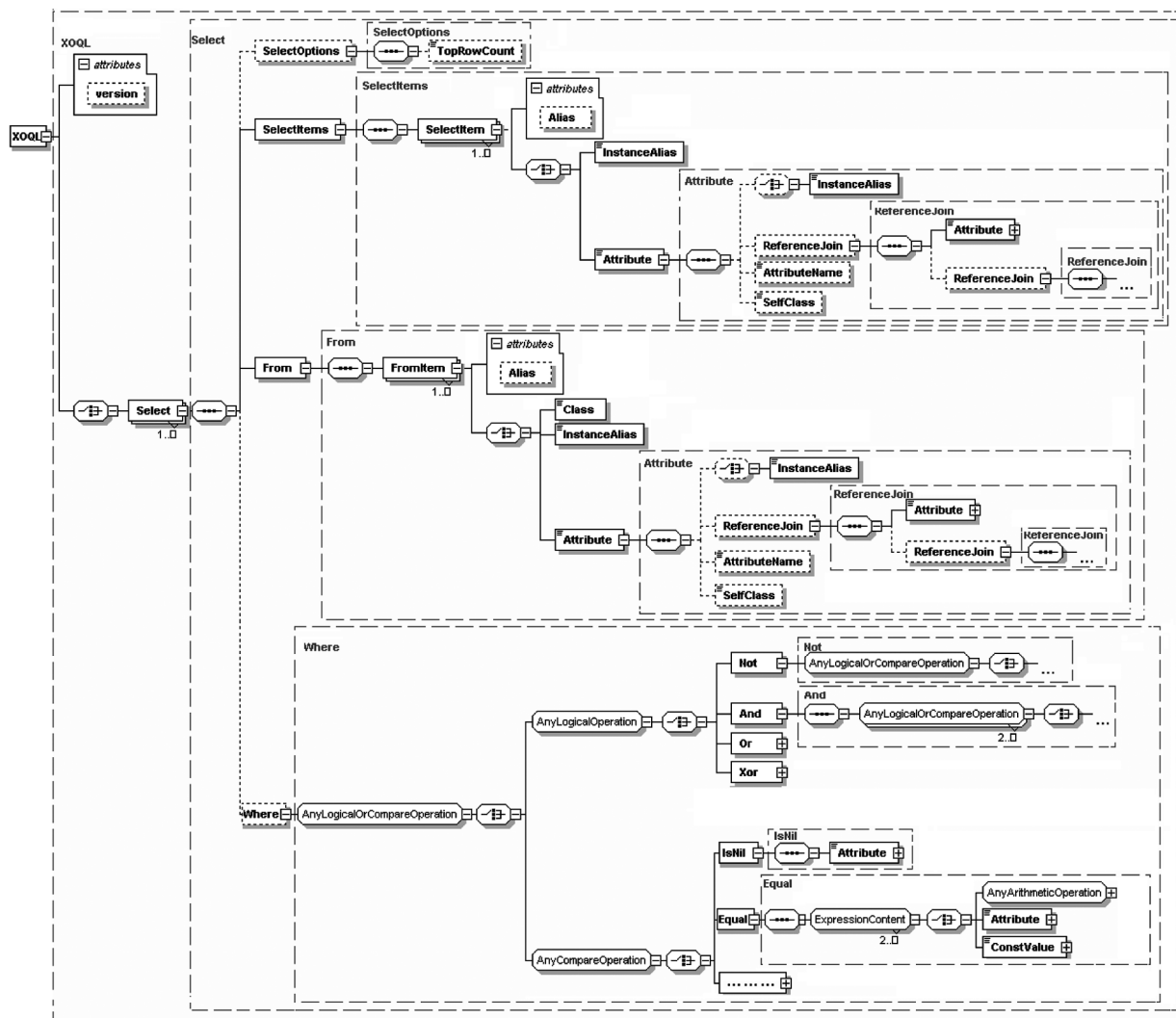


Fig. 1. XML-schema that describes basic syntactic constructions of XOQL

Inside the `<Select>` element the `<SelectOptions>` optional tag may be used to indicate various options affecting the data selection. For example, using the `<TopRowCount>` child node one can restrict the output set of the first N objects, where N is a positive integer. Composition and structure of available options depend on a query language supported by a target database, used as an information repository for application development.

To describe elements of a projection of a returned data set the `<SelectItems>` tag is used. Each element is defined in the `<SelectItem>` XML-node and may contain an alias (specified as the `Alias` attribute value) under which it will be returned to a client application, i.e. the `Alias` attribute is utilized as an equivalent to directives «as» in data selection (using the «select» operator) in SQL.

To extract objects as items of a projection the `<InstanceAlias>` tag is applied, it contains a collection of de-

clared alias accessible through the `<FromItem>` node. To select data the `<Attribute>` tag is used. If an attribute is represented by an atomic literal data type (string, integer, the number of fixed-point, etc.) and is uniquely determined by its affiliation to any type of element collections, it is sufficient to indicate only its name (as the value of a XML-element). If the name of an attribute disallows to unambiguously determine an element type in a collection, that happens, when there are several attributes with identical names in one scope (of a variable), the `<InstanceAlias>` tag is employed to specify a desired alias collection. In this case the «attribute» name of a class is defined as the value of the `<AttributeName>` XML-element.

To extract an attribute value to describe an aggregated class of a written path expression the alternative nested tags (`<Attribute>` and `<ReferenceJoin>`) are used.

If a value to be selected must be assigned to any specific class (type) (in order to select an instance of a derived

class by referring to a basic class), its name need to be inserted as the value of the <SelfClass> node.

The <From> tag allows to specify various collections (using <FromItem> nested nodes) in the Cartesian product that constitutes a source for data extraction. A collection can serve as an extent containing objects of a specified class and class description by using a path expression from a track before an assigned collection. In the first case, the <Class> tag, containing the name of a class is used to return objects, and in the second case, the <InstanceAlias> XML-node, containing the name of a alias assigned earlier for a particular collection, or the <Attribute> item, extracting an attribute type (class), is used. The «Alias» attribute is utilized to specify alias collections for subsequent references to value setting in the <InstanceAlias> tag.

To describe a logical predicate that imposes conditions for data extraction filtration the <Where> tag is used. The figure shows that a logical operation (and, or, not, xor), and comparison operations (> =, <, etc.) can be specified in this tag.

In view of what is stated in the foregoing it appears that XOQL does meet all optimality criteria formulated for the query language in sect. 3.1.

3.3. Test example: XOQL-query

Let's consider some XOQL-queries, which clearly demonstrate the underlying principles of object queries representation through XML. It is assumed that data is extracted from a test object model.

```
select c.Name as CompanyName,
       c.Phone
       , c.LegalAddress
from Company c, c.LegalAddress a
where a.City='Moscow'
```

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<XOQL xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="XOQL.xsd">
  <Select>
    <SelectItems>
      <SelectItem Alias="CompanyName">
        <Attribute>
          <InstanceAlias>c</InstanceAlias>
          <AttributeName>Name</AttributeName>
        </Attribute>
      </SelectItem>
      <SelectItem>
        <Attribute>
          <InstanceAlias>c</InstanceAlias>
          <AttributeName>Phone</AttributeName>
        </Attribute>
      </SelectItem>
      <SelectItem>
        <Attribute>
          <InstanceAlias>c</InstanceAlias>
          <AttributeName>LegalAddress</AttributeName>
        </Attribute>
      </SelectItem>
    </SelectItems>
    <From>
      <FromItem Alias="c">
        <Class>Company</Class>
      </FromItem>
      <FromItem Alias="a">
        <Attribute>
          <InstanceAlias>c</InstanceAlias>
          <AttributeName>LegalAddress</AttributeName>
        </Attribute>
      </FromItem>
    </From>
    <Where>
      <Equal>
        <Attribute>
          <InstanceAlias>a</InstanceAlias>
          <AttributeName>City</AttributeName>
        </Attribute>
        <ConstValue>Moscow</ConstValue>
      </Equal>
    </Where>
  </Select>
</XOQL>
```

Fig. 2. Object query that has extracted information about companies registered in Moscow: QQL – at the left, XOQL – at the right

Let's consider a complex example (Fig. 2) of an XOQL-query involving extraction of name, contact phone number and registered office address of a Moscow company.

The «from» operator (the <FromItem> tag) indicates that data selection has been performed from two collections (extents), containing instances of the Company and Address classes, respectively. Aliases are assigned to extents («c» and «a», respectively), for which the «Alias» attribute has been used. Then the new name is used in the <InstanceAlias> tag with the declaration of the projection item of the resulting data set (the <Select> tag), and with reference to the previously announced collection of the <FromItem> XML-node. Fig. 2 (at the right) demonstrates the «CompanyName» indication alias a for projection item under which it will be presented in the resulting dataset that is realized by assigning the «Alias» value attribute (the <SelectItem> tag).

A predicate that imposes restrictions on the resulting projection (to choose only organizations registered in Moscow) is specified by using the <Where> tag that contains a combination of logical, arithmetic and comparison operations. For comparison purposes, the «City» value attribute of the «CompanyAddress» class on equality constantly applies the <Equal> tag, where there are

two nested nodes (<Attribute>, <ConstValue>) used to submit the name attribute and the «Moscow» constant, respectively.

These examples of XOQL-queries demonstrate the wide possibilities of developed QL and the use of syntactic structures, presented in the form of XML-tags and attributes.

Note that the resulting XOQL-query is more cumbersome than the original one and contains more than 40 lines of XML markup. However, the use of third-party libraries and parsers eases generation of such queries.

4. Conclusion and future research

Further research should concentrate on expansion of the proposed additional syntax constructions used for data selection (order by, group by, having, etc.) and description of directives to add new data (the insert operator), edit (the update operator) and remove (the delete operator) to existing data. In addition, syntactic constructions are needed to describe nested subqueries. Also, it is imperative to develop and to implement an algorithm to transform XOQL-queries into a certain dialect of a query language (e.g., SQL), supported by a specific DBMS. ■

References

1. Graves M. (2001) *Designing XML databases*. Prentice Hall PTR.
2. Aho A., Lam M., Sethi R., Ullman J. (2006) *Compilers: Principles, techniques and tools*. Addison Wesley.
3. Holzner S. (2003) *Real World XML (2nd Edition)*. Peachpit Press.
4. Albahari J., Albahari B. (2012) *C# 5.0 in a Nutshell, 5th Edition. The Definitive Reference*. O'Reilly Media.
5. Perrone P.J., Venkata S.R., Chaganti K.R. (2000) *Building Java enterprise systems with J2EE*. Sams Publishing.
6. Wood K. (2003) *Delphi developer's guide to XML*, 2nd Edition. Wordware Publishing.
7. Wang J. (2011) *Oracle Database 11g Building Oracle XML DB Applications*. Oracle Press.
8. Mistry R., Misner S. (2014) *Introducing Microsoft SQL Server 2014*. Microsoft Press.
9. Mullins C. (2012) *DB2 Developer's guide – A solutions-oriented approach to learning the foundation and capabilities of DB2 for z/OS*, 6th Edition. IBM Press.
10. *SQL: 2003 specification*. Available at: http://www.wiscorp.com/sql_2003_standard.zip (accessed 10 January 2015).
11. *XQuery 3.0 use cases*. W3C Working Group Note 08 April 2014. Available at: <http://www.w3.org/TR/xquery-30-use-cases/> (accessed 10 January 2015).
12. Rubinger A.L., Burke B. (2010) *Enterprise JavaBeans 3.1*, 6th Edition. O'Reilly Media.
13. Nadkarni P.M., Brandt C.A., Morse R., Matthews K., Sun K., Deshpande A.M., Gadagkar R., Cohen D.B., Miller P.L. (2003) Temporal query of attribute-value patient data: utilizing the constraints of clinical studies. *International Journal of Medical Informatics*, no. 70, pp. 59–77.
14. Leonard A. (2013) *Pro Hibernate and MongoDB*. Apress.
15. Fowler M. (2002) *Patterns of enterprise application architecture* (Addison-Wesley Signature Series). Addison-Wesley Professional.
16. Cattell R.G., Barry D.K. (2000) *The Object Data Standard: ODMG 3.0*. Morgan Kaufmann Publishers.
17. Jordan D. (1998) *C++ Object Databases: Programming with the ODMG standard*. Addison-Wesley.
18. *Mathematical Markup Language (MathML) Version 2.0*. Second Edition. Available at: <http://www.w3.org/TR/MathML2/chapter4.html#id.4.4.3> (accessed 10 January 2015).

19. Grand M. (1998) *Patterns in Java. Volume 1. A catalog of reusable design patterns illustrated with UML*. John Wiley & Sons.
20. *XSQL – Combining XML and SQL*. Available at: <http://xsql.sourceforge.net/manual.php> (accessed 10 January 2015).
21. *Collaborative Application Markup Language (CAML) structure specification*. Available at: <http://download.microsoft.com/download/8/5/8/858F2155-D48D-4C68-9205-29460FD7698F/%5BMS-WSSCAML%5D.PDF> (accessed 10 January 2015).
22. Fox S., Johnson C., Follette D. (2013) *Beginning SharePoint 2013 Development*. Wrox.
23. *KDDML: A middleware language and system for knowledge discovery in databases*. Available at: <http://kdd.di.unipi.it/kddml/papers/kddml.pdf> (accessed 10 January 2015).
24. *KDDML language: Reference guide*. Available at: http://kdd.di.unipi.it/kddml/downloads/documentazione/Specifiche/kddml_specification_2_0_16.pdf (accessed 10 January 2015).
25. Xu Y., Shi M. (2004) SQL Markup language for enterprise integration. *Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Services Computing (SCC 2004), 15-18 September 2004, Shanghai, China*, pp. 413–416.
26. *ZsqlML (Zenark's XML for SQL)*. Available at: <http://sourceforge.net/projects/zsqlml/> (accessed 10 January 2015).
27. Butek R. (2005) *Web services tip: Use polymorphism as an alternative to xsd:choice*. Available at: <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-tip-xsdchoice.html> (accessed 10 January 2015).

ХОQL: ОБЪЕКТНЫЙ ЯЗЫК ЗАПРОСОВ

П.П. ОЛЕЙНИК

кандидат технических наук, системный архитектор программного обеспечения, ОАО «Астон»; доцент, Шахтинский институт (филиал), Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова

Адрес: 346500, Ростовская область, г. Шахты, пл. Ленина, д. 1

E-mail: xsl@list.ru

Современные корпоративные информационные системы (КИС) разрабатываются с применением объектно-ориентированной парадигмы и проектируются в понятиях объектно-ориентированного дизайна. Этот подход часто применяют как при реализации клиентского приложения, так и при создании серверного уровня, реализованного в среде целевой СУБД. Применение принципа предметно-ориентированного проектирования при разработке программного обеспечения позволяет организовать процесс сохранения объектов из оперативной в долговременную память. Данная статья посвящена описанию языка ХОQL (XML Object Query Language), который представляет собой объектный язык запросов и для описания синтаксиса использует XML. В статье проведен глубокий и всесторонний анализ имеющихся на сегодняшний день языки.

В работе представлен один из возможных вариантов представления базовых синтаксических конструкций объектного языка запросов в виде XML-документов. Перед проектированием синтаксиса были выделены критерии оптимальности, которые подробно описаны в работе. Кроме базовых, описаны синтаксические расширения языка запросов и способы расширения собственными конструкциями. Представлена структура реализованного оптимального языка с описанием тегов, атрибутов и допустимых значений.

В конце статьи представлено множество примеров различных видов запросов, часто встречающихся на практике.

Ключевые слова: объектный язык запросов, корпоративные информационные системы, язык запросов, язык разметки, XML, базы данных.

Цитирование: Oleyunik P.P. XOQL: Object Query Markup Language // Business Informatics. 2015. No. 2 (32). P. 30–38.

Литература

1. Graves M. Designing XML databases. Prentice Hall PTR, 2001. 688 p.
2. Aho A., Lam M., Sethi R., Ullman J. Compilers: Principles, techniques and tools. Addison Wesley, 2006. 1000 p.
3. Holzner S. Real World XML (2nd Edition). Peachpit Press, 2003. 1200 p.
4. Albahari J., Albahari B. C# 5.0 in a Nutshell, 5th Edition. The Definitive Reference. O'Reilly Media, 2012. 1064 p.
5. Perrone P.J., Venkata S.R., Chaganti K.R. Building Java enterprise systems with J2EE. Sams Publishing, 2000. 1536 p.
6. Wood K. Delphi developer's guide to XML, 2nd Edition. Wordware Publishing, 2003. 545 p.
7. Wang J. Oracle Database 11g Building Oracle XML DB Applications. Oracle Press, 2011. 416 p.
8. Mistry R., Misner S. Introducing Microsoft SQL Server 2014. Microsoft Press, 2014.
9. Mullins C. DB2 Developer's guide – A solutions-oriented approach to learning the foundation and capabilities of DB2 for z/OS, 6th Edition. IBM Press, 2012. 728 p.
10. SQL: 2003 specification. [Электронный ресурс]: http://www.wiscorp.com/sql_2003_standard.zip (дата обращения: 10.01.2015).
11. XQuery 3.0 use cases. W3C Working Group Note 08 April 2014. [Электронный ресурс]: <http://www.w3.org/TR/xquery-30-use-cases/> (дата обращения: 10.01.2015).
12. Rubinger A.L., Burke B. Enterprise JavaBeans 3.1, 6th Edition. O'Reilly Media, 2010. 766 p.
13. Nadkarni P.M., Brandt C.A., Morse R., Matthews K., Sun K., Deshpande A.M., Gadagkar R., Cohen D.B., Miller P.L. Temporal query of attribute-value patient data: utilizing the constraints of clinical studies // International Journal of Medical Informatics. 2003. No. 70. P. 59–77.
14. Leonard A. Pro Hibernate and MongoDB. Apress, 2013. 384 p.
15. Fowler M. Patterns of enterprise application architecture (Addison-Wesley Signature Series). Addison-Wesley Professional, 2002. 560 p.
16. Cattell R.G., Barry D.K. The Object Data Standard: ODMG 3.0. Morgan Kaufmann Publishers, 2000. 288 p.
17. Jordan D. C++ Object Databases: Programming with the ODMG standard. Addison-Wesley, 1998. 460 p.
18. Mathematical Markup Language (MathML) Version 2.0. Second Edition. [Электронный ресурс]: <http://www.w3.org/TR/MathML2/chapter4.html#id.4.4.3> (дата обращения: 10.01.2015).
19. Grand M. Patterns in Java. Volume 1. A catalog of reusable design patterns illustrated with UML. John Wiley & Sons, 1998. 480 p.
20. XSQL – Combining XML and SQL. [Электронный ресурс]: <http://xsql.sourceforge.net/manual.php> (дата обращения: 10.01.2015).
21. Collaborative Application Markup Language (CAML) structure specification. [Электронный ресурс]: <http://download.microsoft.com/download/8/5/8/858F2155-D48D-4C68-9205-29460FD7698F/%5BMS-WSSCAML%5D.PDF> (дата обращения: 10.01.2015).
22. Fox S., Johnson C., Follette D. Beginning SharePoint 2013 Development. Wrox, 2013. 456 p.
23. KDDML: A middleware language and system for knowledge discovery in databases. [Электронный ресурс]: <http://kdd.di.unipi.it/kddml/papers/kddml.pdf> (дата обращения: 10.01.2015).
24. KDDML language: Reference guide. [Электронный ресурс]: http://kdd.di.unipi.it/kddml/downloads/documentazione/Specifiche/kddml_specification_2_0_16.pdf (дата обращения: 10.01.2015).
25. Xu Y., Shi M. SQL Markup language for enterprise integration. Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Services Computing (SCC 2004), 15-18 September 2004, Shanghai, China. 2004. P. 413–416.
26. ZsqlML (Zenark's XML for SQL). [Электронный ресурс]: <http://sourceforge.net/projects/zsqlml/> (дата обращения: 10.01.2015).
27. Butek R. Web services tip: Use polymorphism as an alternative to xsd:choice. [Электронный ресурс]: <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-tip-xsdchoice.html> (дата обращения: 10.01.2015).

РАЗВИТИЕ КЛАССИФИКАЦИИ КЛИНИЧЕСКИХ ДИАГНОЗОВ В МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А. А. НЕЗНАНОВ

кандидат технических наук, доцент департамента анализа данных и искусственного интеллекта, факультет компьютерных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; заведующий информационно-аналитическим отделом, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-клинический центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20
E-mail: aneznanov@hse.ru

Ю.В. СТАРИЧКОВА

кандидат технических наук, заведующий отделом математических методов и информационных технологий, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-клинический центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Адрес: 117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, д. 1
E-mail: julia.starichkova@fnkc.ru

Медицинские информационные системы являются отдельным классом корпоративных информационных систем, специально разрабатываемых для повышения эффективности здравоохранения. Цель внедрения медицинских информационных систем в клинических центрах — комплексное решение задач информационного сопровождения оказания медицинских услуг, с акцентом на формализацию бизнес-процессов в области оказания медицинской помощи, сбор и надежное хранение персональных данных пациентов, оптимальные интерфейсные решения для медицинского персонала, учет лекарственных препаратов и расходных материалов. Основные роли пользователей медицинской информационной системы — руководители клинических подразделений, врачи и медицинские сестры. В статье рассматривается комплекс проблем работы с клиническими диагнозами в медицинских информационных системах, включая формализацию, эффективность заполнения, проверку корректности и полноты расширенных диагнозов, а также последующий анализ клинических данных с акцентом на отдельных признаках диагноза.

Традиционно диагноз представляет собой неструктурированный текст на естественном языке с отдельным присваиванием ему кодов международной классификации болезней или других универсальных классификаторов. Для этого текста существуют стандарты и правила заполнения и изменения, но они практически не формализованы в медицинских информационных системах, что и приводит к вышеперечисленным проблемам. Проведен сравнительный анализ классификаций *International Classification of Diseases*, Международной классификации болезней с предварительным анализом предлагаемых экспертами и реально используемых уточнений наиболее частых заболеваний в области детской онкологии и гематологии. В работе предлагается один из вариантов формализации дополнительной классификации клинических диагнозов, одновременно простой и эффективный, прототип с описанием шаблонов и схем расширенных диагнозов для некоторых заболеваний в формате JSON, оптимизация интерфейса стандартного поля «диагноз» в медицинских информационных системах. Этот вариант апробирован при развитии медицинских информационных систем в области детской онкологии.

Ключевые слова: медицинская информационная система, международная классификация болезней, клинический диагноз, конструктор диагнозов.

Цитирование: Незнанов А.А., Старичкова Ю.В. Развитие классификации клинических диагнозов в медицинских информационных системах // Бизнес-информатика. 2015. № 2 (32). С. 39–47.

1. Введение

Одной из наиболее бурно развивающихся областей прикладной науки является медицинская информатика [1], а внедрение информационных технологий в медицине уже более 40 лет (международная ассоциация медицинской информатики была основана в 1967 году) является очень популярным и приносящим все большую отдачу направлением. Внедрение информационных технологий позволило унифицировать и упорядочить огромный объем биологических и клинических данных, резко повысив качество их анализа. Все эти данные накапливаются в медицинских информационных системах (МИС), автоматизирующими процессы оказания медицинской помощи. В частности, наиболее объемные неструктурированные данные в медицине представлены историей болезни, ежедневно пополняемыми врачами, включая анамнезы, эпикризы, текстовые части осмотров, назначений и др. МИС выделились в крупный класс корпоративных информационных систем в области здравоохранения, а их рынок растет очень быстро [2].

Международная классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ) [*International Classification of Diseases and Related Health Problems, ICD*] [3], развиваемая под эгидой Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [4] была и остается базой стандартизации и систематизации в здравоохранении, наряду с аналогичными классификаторами анатомии человека, состояний инвалидности (*International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*), лечебных процедур (ранее – *International Classification of Procedures in Medicine (ICPM)*, сейчас – активно развиваемая *International Classification of Health Interventions (ICHI)* и др.), лекарственных препаратов (*Anatomical Therapeutic Chemical (ATC) classification system of active substances* и др.) и т.п. Но существующие возможности анализа неструктурированной (текстовой) информации позволяют дополнить и расширить эту классификацию для различных целей.

Задача уточнения и расширения классификатора клинических диагнозов, дополняющего (но не замещающего) российские и международные классификаторы, актуальна в связи с необходимостью стандартизации методов уточнения диагнозов, минимизации ручного ввода в информационных системах и снижения количества ошибок, упрощения сбора и повышения качества анализа клинических данных.

2. История развития классификаторов болезней

Необходимость в единой международной систематизации болезней была окончательно осознана в 1853 г., когда Первый Международный статистический конгресс [5] обратился к доктору Фарру и доктору Марку д'Эспин с просьбой подготовить такую классификацию причин смерти. В 1855 г. Фарр и д'Эспин представили два отдельных списка, основанных на совершенно разных принципах. Классификация Фарра состояла из пяти групп: эпидемические болезни; органические (системные) болезни; болезни, подразделявшиеся по анатомической локализации; болезни развития; болезни, являющиеся прямым следствием насилия. Д'Эспин сгруппировал болезни по характеру их проявления (подагрические, герпетические, гематические и т.д.). Несмотря на то, что тогда конгресс принял компромиссный список, в результате дальнейших рассмотрений (1864-1886) Международного перечня причин смерти он был сильно модифицирован, но сохранил в своей основе многие предложенные Фарром принципы, в частности принцип деления на группы. В 1893 г. Жак Бертильон представил комитету Международного статистического института классификацию, основанную на классификации причин смерти и организованную по принципу, принятому Фарром и заключавшемся в подразделении болезней на системные и относящиеся к определенному органу или анатомической локализации. Классификация причин смерти Бертильона получила общее признание и была предпринята для использования несколькими странами и многими городами. Первый пересмотр классификации Бертильона, или Международного перечня причин смерти состоялся в августе 1900 г. На втором пересмотре в 1909 г. были организованы дополнительные разделы для нелетальных болезней путем подразделения некоторых рубрик классификации причин смерти на две или три группы заболеваний. В результате пятого пересмотра в 1938 году конференция признала возрастающую значимость классификации болезней для статистики заболеваемости, чтобы удовлетворить потребности широкого круга организаций (больниц, реабилитационных центров, систем медицинского страхования, военно-медицинских служб) в статистических данных. И на шестом пересмотре в 1948 году Международная классификация наконец приобрела необходимый для этих целей вид.

В процессе следующих пересмотров (седьмого, восьмого, девятого и десятого) [6] в классификации исправлялись ошибки, устранялись неточности, но сохранялась нетронутой базовая структура классификации и, насколько возможно, общий принцип группировки болезней (преимущественно в соответствии с их этиологией, а не конкретными проявлениями) [7]. Актуальным является 10-й пересмотр МКБ, работа над которой началась в 1983 году, а завершилась в 1991 году. Сейчас ВОЗ работает над 11-ым пересмотром МКБ, черновик которого доступен с 2012 года [3]. Отметим, что в числе рекомендаций конференции по МКБ присутствует следующая: «РЕКОМЕНДУЕТ в интересах международной сопоставимости данных при подготовке перевода или адаптации не вносить никаких изменений в содержание (как указано в названиях) трехзначных рубрик и четырехзначных подрубрик Десятого пересмотра, за исключением тех, которые санкционированы ВОЗ. Секретариат ВОЗ несет ответственность за МКБ и действует как центральный консультативный орган для любых изданий (за исключением национальных статистических изданий) или переводов на основе этой классификации. ВОЗ должна быть незамедлительно уведомлена о намерении переводить и адаптировать МКБ или разработать другие классификации, имеющие отношение к МКБ».

3. Текущее состояние классификаторов диагнозов и актуальность задачи

Российский вариант МКБ (подготовлен НИИ социальной гигиены, экономики и управления здравоохранением РАМН им. Н.А.Семашко) [8] немного, но заметно отличается от международного *ICD*. Более того, отличаются от англоязычного варианта Всемирной организации здравоохранения и другие национальные классификаторы, соответствующие *ICD*, например, классификатор *Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI)*, утвержденный немецким федеральным министерством здравоохранения [9]. В США параллельно существуют и поддерживаются классификатор причин смерти (основанный на 10-ом пересмотре) и клинический вариант МКБ (на 9-ом пересмотре) [10]. Переход на 10-й пересмотр (*ICD-10-CM*) США осуществят в 2015 году. Уже существует очень удобный *web*-сервис с актуальным состоянием *ICD-10-CM* [11] (см., например, описание кода С91.0 [12], который будет фигурировать в дальнейших примерах).

Таким образом, нам придется выделить «МКБ-

10» как национальный вариант классификации, наиболее актуальный при автоматизации клинических центров в Российской Федерации [13]. В новом ГОСТ Р 56034-2014 «Клинические рекомендации (протоколы лечения). Общие положения», вводящемся со следующего года, при описании модели пациента явно указано: «В нозологической модели указывают также шифр заболевания (нозологии) в соответствии с МКБ-10».

Актуальность поставленных задач определяется пониманием того, что существующие классификаторы, используемые в большинстве МИС, не отражают специфики заболеваний, реалий клинической практики и длительных процедур лечения с использованием высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП). История МКБ — это скорее история статистики и диагностики, чем история методов лечения, и в этом смысле к ней нет претензий.

В детской онкологии проблема обостряется. Во-первых, у диагноза в области ВМП очень сложная структура. Это не позволяет использовать очевидное решение — создать список стандартных формулировок клинических диагнозов для конкретного клинического центра. Во-вторых, здесь может параллельно применяться международный классификатор раковых заболеваний у детей [14], акцентирующий внимание на морфологии опухолей, а не на основном месте возникновения, как у взрослых. В-третьих, в клинической практике онкологов повсеместно диагнозы необходимо уточнять в процессе лечения, а статистика часто нужна в более детальных разрезах, чем коды МКБ-10.

Цели работ над уточнением классификации и формализацией РД в федеральном государственном бюджетном учреждении «Федеральный научно-клинический центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» (ФГБУ «ФНКЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России) [15] в итоге сформулированы следующим образом.

1. Оптимизация работы сотрудников, вовлеченных в процесс оказания медицинских услуг — стандартизация методов уточнения диагнозов, минимизация ручного ввода, упрощение контроля терапевтических планов и назначений, снижение количества ошибок.

2. Оптимизация работы руководителей отделений и аналитиков клинической деятельности — упрощение сбора и повышение качества статистических данных в разрезе диагнозов.

4. Заболевания: диагнозы и их уточнения

Заболевание с точки зрения формализации на естественном языке обычно выражается диагнозом. Мы не будем останавливаться на типах диагнозов и способах постановки диагноза. Необходимо отметить только, что мы рассматриваем в первую очередь клинический диагноз, который [16]:

1) должен отражать историю диагностики пациента и изменяться со временем;

2) может состоять из нескольких болезней, что в современных условиях работы клинических центров приводит к необходимости выделения «основного» заболевания [*basic diagnosis*] и пометки остальных заболеваний как «сопутствующих» [*secondary diagnosis*] (часто подразделяемых на осложнения, конкурирующие заболевания и фоновые заболевания).

Введем понятие «основного расширенного диагноза», далее сокращаемого до «**расширенного диагноза**» (РД), с целью формализации детальной информации об основном заболевании клинического диагноза, не следующей автоматически из кода в каком-либо классификаторе.

Технически, РД представляет собой составную текстовую строку, состоящую из основной части (соответствует МКБ) и уточнений (параметров), выбираемых из возможных альтернатив различным способом.

Схема уточнения РД – формально определенный параметр РД, определяемый типом данных, способом отображения и зависимостями от других уточнений. Например, уточнение «*Группа риска*» диагноза МКБ С91.1 с альтернативами {[B1] [B2] [B3]}, из которых должно быть выбрано одно значение». Предложены следующие типы данных уточнения – булево значение (да/нет), число, дата, альтернатива (выбор одного элемента из закрытого списка), опции (выбор нескольких элементов из закрытого списка) и строка (с символами *Unicode*), служащая типом данных по умолчанию. Собственно *уточнением* формально назовем конкретное значение, занесенное в диагноз в соответствии со схемой уточнения.

Способ отображения уточнения – компонент управления при отображении и редактировании уточнения в конструкторе диагнозов.

Группа уточнений – именованный список уточнений и их групп (порядок в списке значим, так как влияет на восприятие врачом, как конструктора,

так и автоматически генерируемой строки с диагнозом). Группы позволяют отразить естественную иерархию уточнений. Группа верхнего уровня присутствует в РД по умолчанию и специально не именуется.

Свободный комментарий РД – уточнение, всегда последнее по порядку, присутствующее в любом РД в виде текстовой строки со свободным вводом.

Кодом РД назовем составную строку, собираемая из основной части (соответствует некоторому классификатору, например, МКБ-10), разделителя и Кодов уточнений. Не будем останавливаться на синтаксисе кодов уточнений и РД, но приведем в дальнейшем пример.

Схема РД – формальное описание структуры РД в виде иерархии уточнений и их взаимовлияния. Представляет собой составную строку, собираемую из основной части (соответствует коду МКБ-10 и названию клинического диагноза), разделителя («//»), и Схем уточнений с разделителем «,». По БНФ: <Схема диагноза> ::= <Код, соответствующий МКБ-10>, <Основной клинический диагноз> // <Схема уточнения 1 или группа 1>, ..., <Схема уточнения N или группа N>.

Правило взаимовлияния уточнений – указывает на влияние значения уточнения на другие уточнения или их группы. В простейшем случае сам факт наличия значения (заполнение) может активировать или деактивировать другое Уточнение. Например: если в уточнении с альтернативами {[*Диагноз поставлен впервые*][*Рецидив*]} выбрано значение [*Рецидив*] то активируется группа уточнений «Номер рецидива» с альтернативами {[1][2][3]}. В противном случае группа уточнений «Номер рецидива» деактивирована, то есть не доступна для заполнения пользователем.

Отметим, что введенное понятие схемы РД с его структурой не только расширяет классификатор заболеваний (так как одному коду МКБ может соответствовать несколько различных схем), но и *максимально формализует* заполнение диагноза, оставляя, тем не менее возможность ввода свободного комментария РД.

5. Реализация схемы классификации расширенных диагнозов в медицинской информационной системе

Внедрение классификатора схем РД в МИС требует выполнения следующих требований.

1. Должны быть реализованы справочники типов данных уточнений, редакторов уточнений, схем уточнений, самих уточнений и схем РД.
2. Все указанные выше справочники должны быть версионированными (кроме типов данных, которые проще реализуются перечислениями) и поддерживать информацию об авторе и дате внесения изменений.
3. Должен быть реализован эффективный визуальный конструктор РД, удобный и наглядный для клиницистов.
4. Должен быть реализована подсистема управления схемами РД с редактором схем РД. Схемы РД должны быть удобно сериализуемыми для импорта/экспорта.
5. Должны быть реализованы отчеты по текущим схемам РД, по использованию схем РД при заполнении диагнозов, по значениям свободного комментария в разрезе схем РД и их уточнений.
6. Руководством клинического центра должен быть утвержден регламент обновления справочника схем РД (и связанного с ним справочника схем уточнений).

Это технически сложная задача, по сути заставляющая изменять ядро МИС из-за фундаментальной перестройки работы со справочниками (включая базовый справочник МКБ) и повсеместности поля документов «диагноз» в различных значениях — от «основного клинического» до «реабилитационного».

При сериализации РД будем использовать формат JSON [17] из-за его популярности, наличия доступных средств обработки, простоты, удобства восприятия человеком. Введем для описания уточнений теги:

1. *Name* — имя уточнения;
2. *Type* — тип данных уточнения: Boolean, Alt, Option, String, Number, Date или Group (для группировки, без своего значения);
3. *Exts* — список уточнений (JSON-вектор);
4. *Values* — данные уточнения в зависимости от типа данных;
5. *Meta* — правила взаимовлияния с простым синтаксисом, использующим названия уточнений.

В качестве примера приведем начало JSON-описания схемы РД «С91.0 Острый лимфобластный лейкоз»:

```
{ „Name“: «Острый лимфобластный лейкоз,
В-линейный вариант“,
„МКБ“: „С91.0“,
„Params“: „Edit:stdlTrack:normal“,
„Exts“: [
  { „Name“: „Иммунологический вариант“,
    „Type“: „Group“,
    „Exts“: [
      { „Name“: „Степень зрелости“,
        „Type“: „Alt“,
        „Values“: [„В1“, „В2“, „В3“]
      }
    ]
  },
  { „Name“: „Фаза заболевания“,
    „Type“: „Alt“,
    „Values“: [„Первый острый период“, „Ремиссия“,
    „Рецидив“]
  },
  { „Name“: „Рецидив“,
    „Type“: „Group“,
    „Exts“: [
      { „Name“: „Выявление“,
        „Type“: „Alt“,
        „Values“: [„Впервые“, „Рецидив“],
        „Meta“: {
          „Meta1“: „Выявление == ‚Рецидив‘ -> Параметры рецидива“
        }
      },
      { „Name“: „Параметры рецидива“,
        „Type“: „Group“,
        „Exts“: [
          ...
          { „Name“: „Локализация рецидива“,
            „Type“: „Alt“,
            „Values“: [„Изолированный“, „Комбинированный“],
            „Meta“: {
              „Meta1“: „Локализация рецидива == ‚изолированный‘
              -> Варианты локализации1 else Варианты локализации 2“
            }
          },
          { „Name“: „Варианты локализации 1“,
            „Type“: „Alt“,
            „Values“: [„Костномозговой“, „Нейро“,
            „Тестиколярный“]
          },
          { „Name“: „Варианты локализации 2“,
            „Type“: „Options“,
            „Values“: [„Костномозговой“, „Нейро“,
            „Тестиколярный“]
          }
        ]
      }
    ]
  },
  { „Name“: „Дата рецидива“,
    „Type“: „Date“
  }
  ...
}
```

Пример показывает как общую схему описания, так и отдельные проектные решения, например, использование тега «*Meta*», позволяющий изменять состав отображаемых и активированных уточнений в зависимости от значений некоторых других уточнений. Пример автоматически генерируемой строки описания:

**Острый лимфобластный лейкоз
В-линейный вариант (МКБ С91.0),
Степень зрелости В2, Транслокация
t(10;11), Рецидив (Номер рецидива 1, Дата
рецидива 05.02.14, Срок рецидива Ранний,
Локализация рецидива Комбинированный,
[Костномозговой, Тестикулярный]), Группа
риска Промежуточная, ТГСК (Тип ТГСК
Алло-неродственный).**

Опишем основные принципы реализации конструктора РД в МИС.

1. Оптимальным вариантом реализации конструктора представляется редактор свойств (Property editor) с поддержкой иерархии и различных типов полей – редакторов уточнений.

2. По схеме РД интерфейс конструктора должен строиться автоматически.

3. Конструктор должен поддерживать удобный ввод с клавиатуры (то есть без использования мыши).

4. Любое поле конструктора, кроме кода по МКБ-10, должно иметь свойство «Заполнено» со значением по умолчанию – «Нет». Конструктор должен наглядно визуализировать заполненность полей (например, цветом и значком). Группа уточнений может быть заполнена частично, что также должно визуализироваться.

5. При изменении значения любого уточнения необходимо проверить правила взаимовлияния уточнений и при необходимости активировать/деактивировать некоторые из уточнений и их групп. При этом деактивируемые уточнения не меняют статус заполненности и введенные ранее значения уточнений сохраняются.

6. Конструктор должен содержать обязательное поле «Свободный комментарий».

Предлагаемый вариант интерфейса с пользователем для конструктора показан на рис. 1.

Тест ОЛЛ	
МКБ	
Диагноз по МКБ	
Конструктор	
Основная часть	С91.0 Острый лимфобластный лейкоз
Транслокации	
Тип	t(9; 22)
Описание	
Рецидив	
Номер рецидива	1
Срок рецидива	
Локализация рецидива	
Костномозговой	<input type="radio"/>
Нейро	<input checked="" type="radio"/>
Тестикулярный	<input type="radio"/>
Дата рецидива	
Группа риска	Стандартная
Нейролейкемия	<input type="checkbox"/>
Ремиссия	
Номер ремиссии	
Степень зрелости	
ТГСК	
Тип ТГСК	<input type="checkbox"/>
Свободный комментарий	
Присутствует	<input checked="" type="checkbox"/>
Текст	

Рис. 1. Прототип Конструктора РД в процессе заполнения с цветовым выделением незаполненных уточнений

6. Внедрение расширенной классификации в ФГБУ «ФНКЦ ДГОИ им. Д.Рогачева» Минздрава России

В результате анализа данных о наиболее частых заболеваниях разрезе отделений стационара ФГБУ «ФНКЦ ДГОИ им. Д.Рогачева» Минздрава России было выявлено, что их наибольшая вариабельность наблюдается в отделении иммунологии: более 30 групп диагнозов в отличие от 5-10 в других отделениях. Общее число проанализированных диагнозов в реальных историях болезни – более 500. Наиболее популярные коды МКБ-10 (более 98%): С76-80, С81-83, С91, D18, D66-70, D81-84. Из них выделено 119 схем РД. Экспертами-клиницистами добавлено 28 схем и изменено 82 схемы. При этом каталогизировано 56 различных уточнений. В среднем схема РД содержит 5,2 уточнения (напомним, что мы рассматриваем только полностью формализованные уточнения). Максимальное число уточнений у одного РД – 29. Наиболее популярные уточнения при формализации РД (по убыванию частоты встречаемости): форма заболевания, параметры рецидива (его наличие, номер, стадия), тип лимфоцитов, статус ремиссии, локализация поражения, уточнение стадии, ответ на терапию, ген-

ные уточнения и транслокации, течение болезни, группа риска.

Работа по утверждению схем РД руководством центра по сути только начата, пока в списке утвержденных всего 20 схем РД (из 147). В используемой МИС начата реализация конструктора РД и редактора схем РД на основе прототипа.

7. Заключение

Рассмотрена одна из первых в России попыток дополнительной классификации клинических диагнозов с одновременной формализацией и прототипированием использования в медицинских информационных системах. Идея, что диагноз может быть не просто субъективным результатом наблюдения в текстовой форме, но пополняемым формальным объектом сложной структуры, не нова. Главное, не забывать, что мир богаче любой модели

и всегда сохранять «свободный комментарий», подсказывать клиницистам, какие уточнения еще не заполнены, и иметь регламент внесения изменений в справочник схем «расширенного диагноза».

Оригинальность проекта состоит в анализе предлагаемых экспертами и реально используемых уточнений наиболее частых заболеваний в области детской онкологии и гематологии в практике ФГБУ «ФНКЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, сравнении классификаций *International Classification of Diseases* и Международной классификации болезней с предварительным анализом 11 пересмотра, описании шаблонов и схем расширенных диагнозов для некоторых заболеваний в формате *JSON*, оптимизации интерфейса с пользователем. В дальнейшем планируется использовать методы онтологического моделирования для визуализации связей «расширенного диагноза» и простановки ссылок на открытые онтологии [18, 19]. ■

Литература

1. American Medical Informatics Association: The Science of Informatics. [Электронный ресурс]: <http://www.amia.org/about-amia/science-informatics> (дата обращения: 20.09.2014).
2. 2013 Annual Report of the U.S. Hospital IT Market, HIMSS Analytics, 2013. [Электронный ресурс]: <http://apps.himss.org/foundation/docs/2013HIMSSAnnualReportDorenfest.pdf> (дата обращения: 20.09.2014).
3. International Classification of Diseases (ICD). [Электронный ресурс]: <http://www.who.int/classifications/icd/en> (дата обращения: 20.09.2014).
4. Всемирная организация здравоохранения // WHO | World Health Organization. [Электронный ресурс]: <http://www.who.int> (дата обращения: 20.09.2014).
5. Всемирная организация здравоохранения. История развития МКБ. Т. 1. // В кн.: Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. Десятый пересмотр / ред. ВОЗ. М.: Медицина, 1995.
6. Всемирная организация здравоохранения. Отчет международной конференции по Десятому пересмотру Международной классификации болезней. Т. 1. // В кн.: Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. Десятый пересмотр / ред. ВОЗ. М.: Медицина, 1995.
7. Всемирная организация здравоохранения. Описание международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем. Т. 1. // В кн.: Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. Десятый пересмотр / ред. ВОЗ. М.: Медицина, 1995.
8. Приказ Минздрава РФ от 27 мая 1997 г. № 170 «О переходе органов и учреждений здравоохранения РФ на международную статистическую классификацию болезней и проблем, связанных со здоровьем X пересмотра» (в ред. Приказа Минздрава России от 12 01 98 № 3).
9. Möller M., Sonntag D., Ernst P. Modeling the International Classification of Diseases (ICD-10) in OWL // Communications in Computer and Information Science. 2013. Vol. 272. P. 226–240.
10. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), USA. Classification of Diseases, Functioning, and Disability. [Электронный ресурс]: <http://www.cdc.gov/nchs/icd/icd10cm.htm> (дата обращения: 20.09.2014).
11. ICD10Data.com: The Web's Free ICD-10-CM/PCS Medical Coding Reference. [Электронный ресурс]: <http://www.icd10data.com> (дата обращения: 20.09.2014).
12. ICD-10-CM описание кода C91.0. [Электронный ресурс]: <http://www.icd10data.com/ICD10CM/Codes/C00-D49/C81-C96/C91-/C91.0>
13. МКБ 10 – Международная классификация болезней 10-го пересмотра. [Электронный ресурс]: <http://mkb-10.com> (дата обращения: 20.09.2014).

14. International Classification of Childhood Cancer (ICCC). [Электронный ресурс]: <http://seer.cancer.gov/iccc> (дата обращения: 20.09.2014).
15. ФГБУ «ФНКЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России. [Электронный ресурс]: <http://fnkc.ru> (дата обращения: 15.09.2014).
16. Кориневская А.В. Старичкова Ю.В., Незнанов А.А. О расширении классификатора заболеваний в клинической практике онкологических центров // Сборник трудов V Международной конференции «ИТ-Стандарт 2013», Москва, 2014. – С. 249-259.
17. Introducing JSON. [Электронный ресурс]: <http://json.org> (дата обращения: 20.09.2014).
18. Disease Ontology. [Электронный ресурс]: <http://disease-ontology.org> (дата обращения: 20.09.2014).
19. National Cancer Institute Thesaurus. [Электронный ресурс]: <http://bioportal.bioontology.org/ontologies/NCIT> (дата обращения: 20.09.2014).

REFINEMENT OF CLASSIFICATION OF CLINICAL DIAGNOSES IN MEDICAL INFORMATION SYSTEMS

Alexey A. NEZNANOV

*Associate Professor, School of Data Analysis and Artificial Intelligence,
Faculty of Computer Science, National Research University Higher School of Economics;
Head of Information-Analytical Department, Federal State Budget Institute
«Federal Scientific and Clinical Centre of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology
named after Dmitry Rogachev», Ministry of Health of the Russian Federation
Address: 20, Myasnitskaya Street, Moscow, 101000, Russian Federation
E-mail: aneznanov@hse.ru*

Julia V. STARICHKOVA

*Deputy Head of Information-Analytical Department, Federal State Budget Institute
«Federal Scientific and Clinical Centre of Pediatric Hematology, Oncology
and Immunology named after Dmitry Rogachev», Ministry of Health of the Russian Federation
Address: 1, Samory Mashela Street., Moscow, 117997, Russian Federation
E-mail: julia.starichkova@fnkc.ru*

Medical information systems constitute a separate class of corporate information systems, specifically designed to improve the efficiency of healthcare. The purpose of implementation of healthcare information systems in clinical centers is to provide a comprehensive solution of information support issues associated with delivery of health services, with emphasis on the formalization of healthcare business processes, collection and secure storage of patients' personal data, optimal interface solutions for clinicians and nurses, special management of medications and expendable supplies. Key roles of medical information system users include heads of clinical departments, doctors and nurses. This paper addresses a range of challenges relating to clinical diagnoses in medical information systems, including formalization, input efficiency, validity and completeness checking of enhanced diagnoses, as well as ex-post analysis of clinical data focusing on specific signs of diagnoses.

Traditionally a diagnosis constitutes an unstructured text in a natural language with further assignment of codes of the International Classification of Diseases or other universal classifications. There are standardized guidelines and local conventions to insert and to change this text, but basically these conventions are not formalized in medical information systems, and that leads to the above-listed problems. A comparative analysis of the International Classification of Diseases has been conducted involving a preliminary assessment of refinements suggested by experts and actually used relating to most common pediatric oncology and hematology

diseases. This paper suggests an approach to formalize an additional classification of clinical diagnoses, both simple and effective, a prototype with description of templates and schemes to enhance diagnoses for certain diseases in the JSON format and to optimize interface of the «diagnosis» standard field in medical information systems. This approach has been successfully tested in pediatric oncology information system design.

Key words: medical information system, international classification of diseases, clinical diagnosis, diagnosis constructor.

Citation: Neznanov A.A., Starichkova J.V. (2015) Razvitiye klassifikatsii klinicheskikh diaznozov v medicinskih informatsionnykh sistemah [On refinement of classification of clinical diagnoses in medical information systems]. *Business Informatics*, no. 2 (32), pp. 39–47 (in Russian).

References

1. *American Medical Informatics Association: The Science of Informatics*. Available at: <http://www.amia.org/about-amia/science-informatics> (accessed 20 September 2014).
2. *2013 Annual Report of the U.S. Hospital IT Market, HIMSS Analytics, 2013*. Available at: <http://apps.himss.org/foundation/docs/2013HIMSSAnnualReportDorenfest.pdf> (accessed 20 September 2014).
3. *International Classification of Diseases (ICD)*. Available at: <http://www.who.int/classifications/icd/en> (accessed 20 September 2014).
4. *WHO | World Health Organization*. URL: <http://www.who.int> (accessed 20 September 2014).
5. Red. VOZ Medicina (1995) *Vsemirnaya organizatsiya zdavoohraneniya. Istoriya razvitiya MKB* [World Health Organization. History of ICD], *Mezhdunarodnaya statisticheskaya klassifikatsiya boleznei i problem so zdoroviem. 10 peresmotr* [International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems. 10th revision], vol. 1. (in Russian)
6. Red. VOZ Medicina (1995) *Vsemirnaya organizatsiya zdavoohraneniya. Otchet mezhdunarodnoi konferentsii po desyatomu peresmotru mezhdunarodnoi klassifikatsii boleznei* [World Health Organization. Report of International Conference on 10th Revision of ICD], *Mezhdunarodnaya statisticheskaya klassifikatsiya boleznei i problem, svyazannykh so zdorov'em. 10 peresmotr* [International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems. 10th revision], vol. 1. (in Russian)
7. Red. VOZ Medicina (1995) *Vsemirnaya organizatsiya zdavoohraneniya. Opisanie mezhdunarodnoi statisticheskoi klassifikatsii boleznei i problem, svyazannykh so zdorov'em* [World Health Organization. Report of International. Description of ICD], *Mezhdunarodnaya statisticheskaya klassifikatsiya boleznei i problem, svyazannykh so zdorov'em. 10 peresmotr* [International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems. 10th revision], vol. 1. (in Russian)
8. Minzdrav RF (1998) *Prikaz Minzdrava RF ot 27.05.1997 № 170 «O perehode organov i uchrezhdenii RF na mezhdunarodnyuyu statisticheskuyu klassifikatsiyu boleznei i problem, svyazannykh so zdorov'em» (v redaktsii prikaza Minzdrava Rossii ot 12.01.98 № 3)* [The order of RF Ministry of Healthcare «About transition of public agencies and institutions of Russian Federation onto international statistical classification of diseases and related health problems» (as in force on 12 January 1998 № 3)]. (in Russian)
9. Möller M., Sonntag D., Ernst P. (2013) Modeling the International Classification of Diseases (ICD-10) in OWL. *Communications in Computer and Information Science*, vol. 272, pp. 226–240.
10. *Centers for Disease Control and Prevention (CDC), USA. Classification of Diseases, Functioning, and Disability*. Available at: <http://www.cdc.gov/nchs/icd/icd10cm.htm> (accessed 20 September 2014).
11. *ICD10Data.com: The Web's Free ICD-10-CM/PCS Medical Coding Reference*. Available at: <http://www.icd10data.com> (accessed 20 September 2014).
12. *ICD-10-CM description of code C91.0*. Available at: <http://www.icd10data.com/ICD10CM/Codes/C00-D49/C81-C96/C91-/C91.0> (accessed 20 September 2014).
13. *MKB 10 – Mezhdunarodnaya klassifikatsiya boleznei desyatogo peresmotra* [Russian version of ICD-10 – International Classification of Diseases, 10th revision]. Available at: <http://mkb-10.com> (accessed 20 September 2014). (in Russian)
14. *International Classification of Childhood Cancer (ICCC)*. Available at: <http://seer.cancer.gov/iccc> (accessed 20 September 2014).
15. *FGBU «FNKC DGOI im. D. Rogacheva» [FSCC PHOI n.a. Dmitry Rogachev]*. Available at: <http://fnkc.ru> (дата обращения: 15.09.2014). (in Russian)
16. Korinevskaya A.V., Starichkova Y.V., Neznanov A.A. (2014) O rasshirenii klassifikatora zabolevanii v klinicheskoi praktike onkologicheskikh centrov [About extending of diseases classification in clinical practice of oncology centers], *Proceedings of the V International Conference «IT-Standard 2013», 22 October 2014, Moscow*, pp. 249-259. (in Russian)
17. *Introducing JSON*. Available at: <http://json.org> (accessed 20 September 2014).
18. *Disease Ontology*. Available at: <http://disease-ontology.org> (accessed 20 September 2014).
19. *National Cancer Institute Thesaurus*. Available at: <http://bioportal.bioontology.org/ontologies/NCIT> (accessed 20 September 2014).

СИСТЕМА НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

С.А. ГЛУШЕНКО

*аспирант кафедры информационных систем и прикладной информатики,
факультет компьютерных технологий и информационной безопасности,
Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)*

Адрес: 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, д. 69

E-mail: gs-gears@yandex.ru

А.И. ДОЛЖЕНКО

*доктор экономических наук, профессор кафедры информационных систем
и прикладной информатики, факультет компьютерных технологий
и информационной безопасности, Ростовский государственный экономический
университет (РИНХ)*

Адрес: 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, д. 69

E-mail: doljenkoalex@gmail.com

В статье обосновывается важность применения анализа рисков при реализации инвестиционно-строительного проекта (ИСП) и обосновывается целесообразность применения нечеткой логики для оценки риска. Применение нечетких моделей позволяет учитывать как количественные, так и качественные характеристики, а также представлять нечеткие описания с помощью нечетких множеств и лингвистических переменных.

Описываемая нечеткая продукционная модель (НПМ) содержит 19 входных лингвистических переменных, характеризующих факторы риска, и 14 выходных лингвистических переменных, характеризующих риски различных областей ИСП. Модель содержит 14 баз правил и позволяет проводить лингвистический анализ рисков, которые несут потенциальный ущерб проекту, а также выявлять приоритеты рисков (очень высокий, высокий, средний, низкий, очень низкий), которые важны для менеджмента инвестиционно-строительного проекта. НПМ позволяет снять ограничения на число учитываемых входных переменных и интегрировать как качественные, так и количественные подходы к оценке рисков.

Выполнена постановка задачи для инструментария управления рисками с поддержкой нечетких моделей и обосновывается целесообразность собственной разработки системы поддержки принятия решений (СППР) анализа рисков. Описывается процесс реализации нечеткого моделирования базы правил посредством разработанной СППР ModelingFuzzySet. Механизм получения оценок риска на основе алгоритма Мамдани позволяет получить численное значение риска, лингвистическое описание степени риска, а также степень уверенности эксперта в возникновении рискового события.

Результаты моделирования были использованы лицами, принимающими решения, для выявления приоритетов рисков и позволили выработать эффективный план мероприятий по снижению влияния наиболее опасных угроз на инвестиционно-строительный проект.

Ключевые слова: риск, нечеткое множество, терм-множество, нечеткая продукционная модель, лингвистическая переменная, база правил, функция принадлежности, система поддержки принятия решений.

Цитирование: Глушенко С.А., Долженко А.И. Система нечеткого моделирования рисков инвестиционно-строительных проектов // Бизнес-информатика. 2015. № 2 (32). С. 48–58.

1. Введение

Строительство является одной из ведущих отраслей экономики страны. Она связана с удовлетворением важнейших потребностей населения и сосредоточила значительные материальные, людские и финансовые ресурсы. Поэтому финансирование строительства занимает одно из ведущих мест в инвестиционной политике различных коммерческих организаций. Рынок недвижимости является наиболее доходным, а инвестиции в объекты недвижимости – одними из самых надежных и эффективных. Основными направлениями капиталовложений в этой области являются строительство офисных и торговых зданий, жилых комплексов, гостиниц, выставочных центров и складских помещений. Каждое из направлений имеет свою специфику, отличается масштабом и сроками реализации, а также объемом необходимых финансовых ресурсов [1].

Анализ инвестиционно-строительных проектов (ИСП) показал, что принятие управленческих решений в процессе проектирования и реализации строительных объектов (СО) происходит в условиях неопределенности, которая проявляется в виде неполноты или неточности информации о реализации процесса строительства. Неопределенность сопутствует всем этапам жизненного цикла ИСП и определяется следующими факторами:

- ◆ невозможность точно и в полной мере определить цели и сформулировать требования к проекту;
- ◆ трудность выбора архитектуры проекта и ее структуры в целом;
- ◆ неполное знание всех параметров, обстоятельств и ситуаций для выбора оптимальных решений при проектировании технологии реализации.

Повышение качества принимаемых решений в указанных условиях может быть достигнуто посредством применения моделей, учитывающих имеющиеся неопределенности.

Неопределенность является причиной возникновения неблагоприятных ситуаций, характеризующихся риском. В работе [2] риск определяется как воздействие, которое может привести к потерям или иному ущербу.

При принятии стратегических решений в процессе анализа проектных рисков применяется общеизвестный принцип лингвистического подхода, в котором оценка проводится при помощи терминов «низкий риск», «допустимый риск» и «высо-

кий риск». Однако лицу, принимающему решение (руководителю или менеджеру проекта), сложно придать им точную (объективную) количественную оценку и описать с помощью математического языка. Это влияет на качество принимаемых решений, повышение которого может быть достигнуто посредством применения методов и моделей, учитывающих имеющиеся неопределенности [3]. Зачастую учет и анализ неопределенностей и рисков проектов производится аналитическими и экспертными методами. Однако аналитические методы требуют наличия большого объема статистических данных и ориентированы, как правило, на количественные показатели, а экспертные методы затруднительно применять при оперативной оценке неопределенностей и рисков, поскольку они требуют наличия специалистов высокой квалификации и больших временных затрат.

Применение методов и моделей, основанных на нечетких знаниях, лишены упомянутых недостатков. Они позволяют ЛПР использовать для оценки риска как количественные характеристики, которым объективно свойственна неопределенность, так и качественные, субъективные оценки экспертов, выраженные нечеткими понятиями, а также формализовать нечеткие описания с помощью нечетких чисел, множеств, лингвистических переменных и нечетких свидетельств [4, 5].

2. Нечеткая продукционная модель оценки риска

Для моделирования рисков инвестиционно-строительных проектов нечеткие модели представляются в виде нечетких продукционных сетей (НПС), элементы и совокупности элементов которых реализуют различные компоненты нечетких моделей и этапы нечеткого вывода [6]. Для построения НПС оценки риска ИСП необходимо определить полное пространство предпосылок $X = \{x_i\}$, $i = \overline{1, n}$ – факторов, являющихся источниками риска, и полное пространство заключений $Y = \{y_j\}$, $j = \overline{1, m}$ – показателей риска различных областей проекта.

Анализ проектов СО с привлечением экспертов – ведущих специалистов консалтинговых организаций данной предметной области, позволил выявить факторы, которые могут быть источниками риска ИСП (табл. 1). При задании лингвистических переменных, характеризующих факторы риска, могут использоваться следующие терм-множества, определяющие уровни факторов [7]:

Таблица 1.

Факторы риска инвестиционно-строительных проектов (фрагмент)

Обозначение	Наименование лингвистической переменной	Вид терм-множества и интерпретация уровней факторов
X_1	Цель проекта	T_3 . H – недостаточно соответствует целям организации; C – соответствует целям с определенными ограничениями; B – полностью соответствует.
X_2	Границы проекта	T_3 . H – определяют минимальную функциональность; C – соответствуют требуемой функциональности; B – имеют избыточную или неточно определенную функциональность.
...
X_{13}	Строительная площадка	T_3 . H – недостаточно ориентирована на решение задач проекта; C – хорошо ориентирована на решение задач проекта; B – хорошо ориентирована на решение задач проекта, имеет большой потенциал развития проекта.
X_{14}	Техническое оснащение	T_3 . H – удовлетворительное для реализации начальных задач, требует обновления; C – достаточное для реализации основных задач, имеет минимальный потенциал для развития проекта; B – полностью соответствует задачам проекта, имеет потенциал развития.
...
X_{19}	Менеджмент проекта	T_3 . H – слабое планирование или отсутствие планирования и мониторинга; C – планирование и мониторинг по совершенствованию заданий; B – планирование системы и мониторинг процессов проводится своевременно.

Таблица 2.

Показатели риска инвестиционно-строительных проектов (фрагмент)

Обозначение	Наименование лингвистической переменной	Примечание
Y_1	Достижение цели проекта	Риск проявляется в том случае, если цели инвестиционно-строительного проекта не могут быть реализованы застройщиком.
Y_2	Сложность	Риск проявляется тогда, когда из-за размера проекта трудно детально проанализировать каждый этап работ, обеспечить взаимодействие участников и организацию работ.
Y_3	Компетентность заказчика в сфере строительства	Риск проявляется при согласовании с заказчиком большинства проектных документов, внесении изменений в объект строительства.
Y_4	Компетентность застройщика	Риск проявляется, когда в команде застройщика отсутствуют или недоступны специалисты, обладающие необходимой компетенцией.
Y_5	Новые технологии	Риск проявляется, когда в проекте необходимо использовать новые средства и технологии строительства, использовать современную специальную технику.
Y_6	Архитектурный	Риск проявляется, когда архитектура не обеспечивает устойчивость проектных решений, которая проявляется в приспособленности к возможным изменениям требований.
Y_7	Технический	Риск проявляется, когда трудно реализовать требования к проекту.

- $T_2 = \{\text{Низкий (H), Высокий (B)}\}$;
- $T_3 = \{\text{Низкий (H), Средний (C), Высокий (B)}\}$;
- $T_4 = \{\text{Очень Низкий (OчH), Низкий (H), Средний (C), Высокий (B)}\}$;
- $T_5 = \{\text{Очень Низкий (OчH), Низкий (H), Средний (C), Высокий (B), Очень Высокий (OчB)}\}$.

В процессе анализа факторов риска выявлены показатели, которые могут характеризовать риски ИСП (табл. 2). При задании лингвистических переменных, характеризующих показатели риска, используются следующие терм-множества, определяющие показатели риска:

- $T_1 = \{\text{Низкая очевидность риска (НОР), Средняя очевидность риска (СОР), Высокая очевидность риска (ВОР)}\}$;
- $T_2 = \{\text{Очень низкая очевидность риска (ОНОР) Низ-$

$\text{кая очевидность риска (НОР); Средняя очевидность риска (СОР); Высокая очевидность риска (ВОР), Очень высокая очевидность риска (ОВОР)}\}$.

Взаимосвязь между факторами (антецедентом) и показателями риска (консеквентом) представляет собой бинарное нечеткое отношение на декартовом произведении соответствующих нечетких множеств. Нечеткое причинно-следственное отношение между антецедентом и консеквентом задается в виде нечеткой продукции [4]. Процесс формирования базы нечетких продукционных правил (НПП) представляет собой формальное представление эмпирических знаний эксперта в исследуемой проблемной области по схеме «если ..., то ...». НПП модели оценки рисков инвестиционно-строительных проектов приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Нечеткие продукционные правила модели (фрагмент)

Обозначение правила	Антецедент	Консеквент
База правил П1		
П1.1	$x_1 = H \wedge (x_2 = B \vee x_2 = C)$	$y_1 = \text{Очень ВОР}$
П1.2	$x_1 = H \wedge x_2 = H$	$y_1 = \text{ВОР}$
П1.3	$x_1 = C \wedge x_2 = H$	$y_1 = \text{СОП}$
П1.4	$x_1 = B \wedge (x_2 = B \vee x_2 = C)$	$y_1 = \text{НОР}$
П1.5	$x_1 = B \wedge x_2 = H$	$y_1 = \text{Очень НОР}$
База правил П2		
П2.1	$x_4 = H \wedge (x_3 = B \vee x_3 = OB)$	$y_2 = \text{Очень НОР}$
П2.2	$x_4 = H \wedge x_3 = C$	$y_2 = \text{НОР}$
П2.3	$x_4 = C \wedge x_3 = \neg OH$	$y_2 = \text{СОП}$
П2.4	$x_4 = B \wedge (x_3 = B \vee x_3 = OB)$	$y_2 = \text{ВОР}$
П2.5	$x_4 = B \wedge \neg (x_3 = B \vee x_3 = OB)$	$y_2 = \text{Очень ВОР}$
База правил П3		
П3.1	$(x_5 = OH \wedge x_5 = H) \wedge x_6 = H$	$y_3 = \text{Очень ВОР}$
П3.2	$(x_5 = H \wedge x_5 = C) \wedge x_6 = C$	$y_3 = \text{ВОР}$
П3.3	$x_5 = C \wedge (x_6 = C \vee x_6 = B)$	$y_3 = \text{СОП}$
П3.4	$x_5 = B \wedge x_6 = B$	$y_3 = \text{НОР}$
П3.5	$x_5 = CB \wedge x_6 = B$	$y_3 = \text{Очень НОР}$

Нечеткая продукционная модель позволяет снять ограничения на число учитываемых входных переменных и интегрировать как качественные, так и количественные подходы к оценке рисков. В НПМ определены 19 входных лингвистических переменных, характеризующих факторы риска, 14 выходных лингвистических переменных, характеризующих риски различных областей ИСП. Модель содержит 14 баз правил и позволяет проводить лингвистический анализ рисков, которые несут потенциальный ущерб проекту, а также выявить приоритеты рисков (очень высокий, высокий, средний, низкий, очень низкий), которые важны для менеджмента инвестиционно-строительного проекта.

3. Построение НПМ оценки риска

Автоматизация процесса анализа рисков посредством применения систем поддержки принятия решений (СППР) повышает эффективность работы лица, принимающего решение. Однако существующие программные пакеты анализа и оценки рисков не обладают возможностями использования нечетких продукционных сетей, либо в них отсутствуют функции интегрального анализа как качественных,

так и количественных факторов риска [8].

В [9] проведен обзор известных программных пакетов (ПП) для нечеткого моделирования, таких как пакет *CubiCalc* фирмы Hyper Logic, *FuzzyTECH* фирмы Inform Software, пакет *JFS, FIDE* фирмы Ar-tronix, пакет расширения *Fuzzy Logic Toolbox* для программного средства MatLab.

Обзор показал, что большинство из указанных ПП ориентированы на построение экспертных систем на основе нечеткой логики, однако, наибольшей универсальностью обладают *FuzzyTECH* и расширение *Fuzzy Logic Toolbox*. Программное средство MatLab наиболее популярно в СНГ, в связи с чем оно имеет достаточное количество информационных источников по его применению на русском языке.

К недостаткам перечисленных программных пакетов следует отнести их стоимость, которая начинается от 2,5 тыс. долларов в стандартной поставке.

В работах [7, 10] описывается процесс построения экспертной системы оценки рисков на основе нечеткой логики в пакете *Fuzzy Logic Toolbox* и проводится реализация нечеткого вывода на основе алгоритма Мамдани (*Mamdani*) [11].

Использованный пакет показал себя достаточно универсальным, однако для реализации разработанной нечеткой продукционной сети, ориентированной на оценку рисков, не обеспечивает требуемой функциональности, так как не позволяет строить многоуровневые модели.

Таким образом, вышеприведенные ограничения программных пакетов побудили выполнить собственную разработку системы поддержки принятия решений анализа рисков на базе нечетких продукционных сетей, которая позволит получить как качественные, так и количественные оценки.

Для реализации процесса нечеткого моделирования рисков инвестиционно-строительных проектов посредством разработанной СППР *ModelingFuzzySet* [12], выполненной в среде *Microsoft.Net* на языке *C#*, лицу, принимающему решение, необходимо выполнить следующие действия:

Шаг 1. Сформировать нечеткую продукционную модель оценки рисков проектов строительных объектов с помощью дизайнера модели (*рис. 1*).

Формирование модели предполагает задание лингвистических переменных (ЛПхх), формализующих факторы и показатели рисков инвестиционно-строительных проектов, а также базы нечетких продукционных правил (БПхх). ЛПР может использовать предложенную нечеткую продукци-

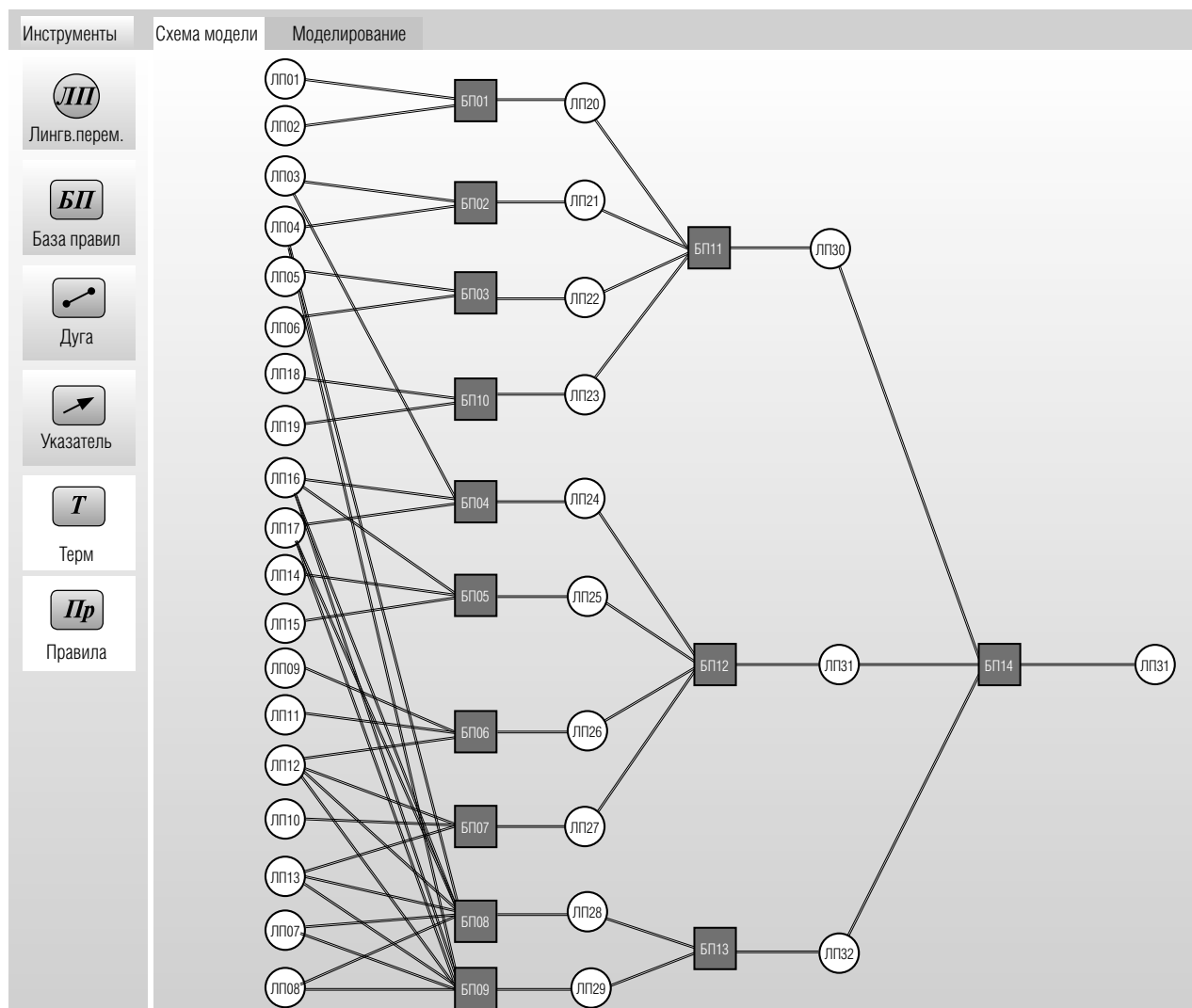


Рис. 1. Нечеткая продукционная модель оценки рисков ИСП

онную модель, либо произвести модификацию модели, определяя факторы и показатели риска, актуальные для конкретного проекта, а также изменить правила нечеткого вывода.

Шаг 2. Фазификация – введение нечеткости. На этом шаге необходимо задать функции принадлежности для терм-множеств входных и выходных лингвистических переменных [5]. Программное средство *ModelingFuzzySet* обеспечивает формирование функций принадлежности терм-множеств различных видов: треугольные, трапециевидные, Z-, S- и П-образные.

В общем случае методы построения функций принадлежности определяются следующими факторам:

- ◆ предполагаемый вид области определения нечеткого множества (дискретная, непрерывная, нечисловая);
- ◆ применяемый способ экспертного опроса (индивидуальный, групповой);
- ◆ тип используемой экспертной информации (порядковая, кардинальная);
- ◆ интерпретация данных экспертного опроса (вероятностная, детерминированная).

На начальных этапах исследования инвестиционно-строительных проектов вполне допустимо использовать типовые (L-R)-функции¹ треугольного и трапецеидального типов, определенные на 01-носителе², в дальнейшем их можно уточнять в

¹ Нечеткие числа (L-R)-типа – это разновидность нечетких чисел специального вида, т.е. задаваемых по определенным правилам с целью снижения объема вычислений при операциях над ними.

² 01-носитель – отрезок единичной длины.

процессе набора статистических данных по объектам и процессам предметной области.

Например, графики функций принадлежности входной переменной ЛПО1 – «Цель проекта», терм-множество которой состоит из трех термов $T=\{\text{Низкий (H)}, \text{Средний (C)}, \text{Высокий (B)}\}$ и характеризует низкий, средний и высокий уровень соответствия цели ИСП целям или задачам организации. Функции принадлежности для переменной ЛПО1 являются трапецевидными и имеют следующий вид:

$$\mu_a^H(x; 0; 0; 0,15; 0,4), \mu_a^C(x; 0,3; 0,45; 0,55; 0,7), \mu_a^B(x; 0,6; 0,85; 1,0; 1,0).$$

Шаг 3. Задание нечетких правил. Правила модели формируются на основе общих закономерностей поведения исследуемой системы и позволяют «вложить» в механизм вывода логическую модель прикладного уровня. В табл. 4 приведен пример модифицированной базы правил БП1 из табл. 3.

Таблица 4.

База правил БП01

№ правила	ЛПО1	ЛПО2	ЛПО0
1	Низкий	Низкий	Высокий
2	Средний	Низкий	Средний
...
8	Средний	Высокий	Средний
9	Высокий	Высокий	Низкий

Также в процессе формирования нечетких правил модели ЛПП задает степень влияния показателя риска на ИСП (табл. 5), который используется для оценки возможного ущерба при возникновении данного рисковог о события, например, ранг выходной лингвистической переменной ЛПО20 – 4.

Таблица 5.

Степень влияния показателя риска на проект

Ранг показателя риска	Описание
1	Незначительное влияние на проект
2	Заметное влияние на проект
3	Большое влияние на проект
4	Критическое влияние на проект
5	Катастрофическое влияние на проект

Шаг 4. Дефаззификация – преобразование нечеткого множества в четкое число. Существует несколько классических алгоритмов нечеткого вывода, таких как Мамдани, Сугено и Цукамото. В

описываемом исследовании реализация нечеткого вывода осуществляется на основе алгоритма Мамдани (Mamdani) [13]. Данный алгоритм в общем виде использует схему «два входа – база правил – один выход» и достаточно легко может быть модифицирован для схемы с многими входами. Результаты, полученные на этапе дефаззификации, имеют вид нечеткого множества, что характерно для разработанной нечеткой продукционной сети оценки проектных рисков. Алгоритмы Сугено и Цукамото предполагают формирование четкого значения для выходной переменной, что не согласуется с моделью в данном исследовании.

Для преобразования дискретного множества значений функций принадлежности в четкое число применяется метод центра тяжести:

$$y' = \frac{\sum_{r=1}^{Y_{max}} y_r \mu_{B'}(y_r)}{\sum_{r=1}^{Y_{max}} \mu_{B'}(y_r)} \quad (1)$$

где Y_{max} – число элементов y_r в дискретизированной для вычисления «центра тяжести» области Y ; B' – нечеткое множество, определенное на Y ; $\mu_{B'}(y_r) \in [0,1]$ – функция принадлежности нечеткого множества B' .

Реализуя систему нечеткого вывода на этапе дефаззификации посредством системы поддержки принятия решений управления рисками проектов *ModelingFuzzySet*, получим качественную (Низкий риск) и количественную (13,5) оценку показателя риска, а также степень уверенности (0,65) в полученной оценке.

Полученные данные могут быть использованы ЛПП для определения возможного ущерба от возникновения рисковог о события, а также влияния данного события на сроки, функциональность и качество инвестиционно-строительного проекта.

4. Использование модели оценки рисков ИСП

Апробация нечеткой продукционной модели оценки рисков происходила при реализации одного из субпроектов в процессе строительства мультимодального транспортно-логистического узла «Ростовский универсальный порт» ОАО «Азово-Донское пароходство». На этапе идентификации рисков проектной командой были определены уровни факторов риска, характерные для данного инвестиционно-строительного проекта (табл. 6).

Таблица 6.

Идентифицированные факторы риска ИСП (фрагмент)

Обозначение	Описание фактора риска	Степень уверенности
X_1	Цель проекта полностью соответствует целям организации	0,8
X_2	Границы проекта соответствуют требуемой функциональности проекта	0,9
...
X_{14}	Техническое оснащение удовлетворительное, для реализации начальных задач и требует обновления	0,9
X_{15}	Сырьевое обеспечение низкое	0,8
X_{16}	Квалификация команды застройщика соответствует требованиям проекта с определенными ограничениями	0,8
X_{17}	В составе команды застройщика имеется дефицит специалистов по некоторым областям проекта	1,0
X_{18}	Менеджер проекта имеет ограниченный опыт работы с проектами данного типа	0,9
X_{19}	Руководство проекта проводит планирование и мониторинг по совершенствованию технических заданий	0,8

Полученная информация была использована в качестве входных данных для нечеткой продукционной модели интегральной оценки риска инвестиционно-строительного проекта, для вычисления которой необходимо провести моделирование всех выходных лингвистических переменных

первого уровня (ЛП20–ЛП29). Затем программой рассчитывается значение каждой выходной лингвистической переменной второго уровня (ЛП30–ЛП32), с использованием полученных ранее оценок в качестве входных данных, после чего программа определяет интегральную оценку риска ИСП. Полученные результаты представлены в табл. 7.

Используя результаты моделирования, ЛПП может определить сумму возможного ущерба от возникновения конкретного рисковог события по табл. 8.

Таблица 8.

Шкала возможного ущерба при возникновении риска

Ранг показателя риска	Значение показателя риска				
	0–20	21–40	41–60	61–80	81–100
1	\$500	\$1 тыс.	\$1,5 тыс.	\$2 тыс.	\$3 тыс.
2	\$5 тыс.	\$10 тыс.	\$15 тыс.	\$20 тыс.	\$30 тыс.
3	\$50 тыс.	\$100 тыс.	\$150 тыс.	\$200 тыс.	\$300 тыс.
4	\$500 тыс.	\$1 млн.	\$1,5 млн.	\$2 млн.	\$3 млн.
5	\$5 млн.	\$10 млн.	\$15 млн.	\$20 млн.	\$30 млн.

Также определить влияние данного события на сроки, функциональность и качество инвестиционно-строительного проекта по табл. 9. Под качеством понимается совокупность свойств, которая обуславливает пригодность проектного продукта удовлетворять потребности конечного потребителя.

Таблица 7.

Результаты моделирования показателей риска ИСП

Обозначение	Наименование лингвистической переменной	Ранг	Значение термина	Значение показателя риска	Степень уверенности
Y_1	Достижение цели проекта	4	НОР	13,5	0,79
Y_2	Сложность	3	СОР	50	0,7
Y_3	Компетентность заказчика в сфере строительства	2	НОР	19,5	0,8
Y_4	Компетентность застройщика	4	СОР	50	0,7
Y_5	Новые технологии	3	ВОР	83	0,7
Y_6	Архитектурный	3	НОР	21	0,6
Y_7	Технический	3	СОР	50	0,7
Y_8	Производительность труда	3	СОР	50	0,75
Y_9	Безопасность	3	СОР	50	0,68
Y_{10}	Управленческий	3	СОР	50	0,8
Y_{11}	Организационная стабильность	3	НОР	30	0,7
Y_{12}	Функциональный	4	ВОР	70	0,7
Y_{13}	Нефункциональный	3	СОР	50	0,7
Y_{14}	Риск проекта	5	СОР	50	0,7

Таблица 9.

Шкала влияния риска на проект

Проект	Значение показателя риска				
	0–20	21–40	41–60	61–80	81–100
Сроки	Незначительное увеличение времени (< 5 %)	Увеличение времени на 5-10%	Увеличение времени на 10-20%	Увеличение времени на 20-30%	Серьезное увеличение времени (< 30 %)
Функциональность	Незначительное уменьшение функциональности проектного продукта	Затронута функциональность во второстепенных областях проекта	Затронута функциональность в основных областях проекта	Уменьшение функциональности проекта на неприемлемом уровне для заказчика	Реализуемый проектный продукт практически бесполезен
Качество	Незначительное уменьшение качества проектного продукта	Снижение качества во второстепенных областях проекта	Снижение качества в основных областях проекта	Неприемлемое для заказчика понижение качества проектного продукта	Реализуемый проектный продукт практически бесполезен

Таким образом, интегральная оценка риска проекта показывает, что возможный ущерб организации застройщика может составить около \$15 млн., срок реализации проекта может увеличиться на 20%, а также может быть затронута функциональность и снижение качества в основных областях проекта.

Полученная информация была передана стейкхолдерам – представителям заказчика проекта, разработчика проекта, лизинговой компании и поставщика сырья.

По результатам совещания была определена слабая сторона ИСП – функциональность проекта, причиной которой стала ограниченность застройщика в техническом оснащении и сырьевом обеспечении для технологии реализации проекта. В связи с этим лицами, принимающими решения, было решено:

- ◆ арендовать дополнительную более мощную строительную технику;
- ◆ сменить поставщика сырья и закупить крупную партию строительных материалов;
- ◆ привлечь недостающих сотрудников в отдельные области проекта;

◆ провести переобучение собственного персонала за счет резервных средств, заложенных в план управления проектом.

После этого командой проекта был проведен повторный анализ уровней факторов риска. Результаты изменений *табл. 6* приведены в *табл. 10*.

Полученная информация была использована в нечеткой продукционной модели для повторного определения интегральной оценки риска инвестиционно-строительного проекта. Результаты изменений *табл. 7* приведены в *табл. 11*.

Таблица 10.

Изменившиеся факторы риска ИСП

Обозначение	Описание фактора риска	Степень уверенности
X_{14}	Техническое оснащение полностью соответствует задачам проекта	0,9
X_{15}	Полное обеспечение строительными материалами	0,8
X_{16}	Квалификация команды застройщика полностью соответствует требованиям проекта	0,8
X_{17}	Команда застройщика полностью укомплектована и мобильна	1,0

Таблица 11.

Результаты повторного моделирования показателей риска ИСП

Обозначение	Наименование лингвистической переменной	Ранг	Значение терма	Значение показателя риска	Степень уверенности
Y_4	Компетентность застройщика	4	НОР	15	0,7
Y_5	Новые технологии	3	НОР	21	0,7
Y_{12}	Функциональный	4	НОР	23	0,7
Y_{14}	Риск проекта	5	НОР	30	0,7

Таким образом, анализ показывает, что уровень риска проекта позволяет реализовать ИСП в нормальном режиме, но имеются предпосылки увеличения срока реализации проекта на 5–10%, а также изменений функциональности и снижения качества во второстепенных областях проекта. Поэтому необходимо проводить мониторинг и контроль уровней риска и в случае необходимости разработать и применить план по снижению или передаче риска, иначе ущерб организации застройщика может составить около \$10 млн.

Графический результат моделирования интегральной оценки риска ИСП приведен на рис. 2.

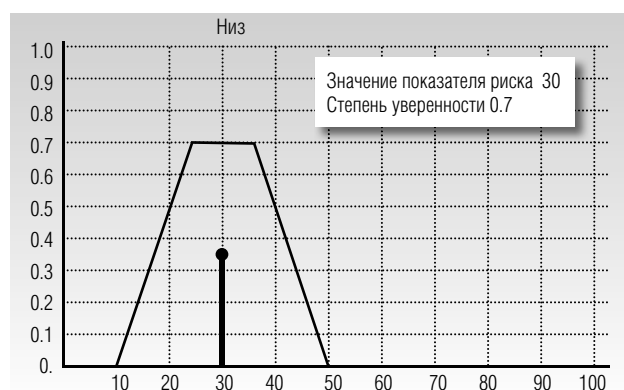


Рис. 2. Результат нечеткого моделирования интегральной ЛПЗ3

5. Заключение

Использование разработанной нечеткой продукционной модели и системы поддержки принятия решений при анализе риска инвестиционно-строительного проекта показало, что НПМ и СППР могут достаточно эффективно применяться для данной предметной области.

Нечеткая продукционная модель позволяет снять ограничения на число учитываемых входных переменных и интегрировать как качественные, так и количественные подходы к оценке рисков. В ней определены 19 входных лингвистических переменных, характеризующих факторы риска, 14 выходных лингвистических переменных, характеризующих показатели риска различных областей ИСП. Модель содержит 14 баз правил и позволяет проводить лингвистический анализ рисков, которые несут потенциальные угрозы и ущерб строительной организации.

Система поддержки принятия решений позволяет строить многоуровневые нечеткие продукционные модели, а используемый механизм нечеткого вывода на основе алгоритма Мамдани (*Mamdani*) позволяет получить числовое значение риска, лингвистическое описание уровня риска, а также степень уверенности эксперта в возникновении неблагоприятного события. Полученная информация позволит лицу, принимающему решение, выявить приоритеты рисков (очень высокий, высокий, средний, низкий, очень низкий) и выработать план мероприятий по снижению влияния наиболее опасных угроз для проекта.

Механизм анализа риска на основе нечеткой логики обладает широкими возможностями и позволяет адаптировать его к имеющимся моделям управления рисками, а также модифицировать с учетом реальных условий реализации инвестиционно-строительного проекта.

Недостатками данного подхода являются субъективность в выборе функций принадлежности и формировании правил нечеткого ввода, а также необходимость специального программного обеспечения и специалистов, умеющих с ним работать. ■

Литература

1. Глушенко С.А. Нечеткая модель и инструментарий управления рисками инвестиционно-строительных проектов // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Выпуск 3. СПб: Университет ИТМО, 2014. С. 172–174.
2. Симонов С.В. Анализ рисков, управление рисками // Информационный бюллетень «Jet Info». 1999. № 1 (68). С. 2–28.
3. Горшков А.С., Мясников А.В., Хованов Н.В. Прогнозирование эволюции сложных систем в условиях неопределенности // Материалы 6-й Международной конференции «Анализ, прогнозирование и управление в сложных системах». СПб. 2005. Т. 2. С. 168–174.
4. Борисов В.В., Круглов А.С., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. 2-е изд., стереотип. М.: Горячая линия-Телеком, 2012. 284 с.
5. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 168 с.

6. Долженко А.И. Нечеткие модели – эффективный инструмент для анализа потребительского качества информационных систем. Ростов н/Д: РГЭУ «РИНХ», 2008. 220 с.
7. Долженко А.И. Модель анализа риска потребительского качества проектов экономических информационных систем // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2009. № 1 (18). С. 129–134.
8. Глушенко С.А. Анализ функциональной полноты программных систем управления рисками // Вестник РГЭУ (РИНХ). 2012. № 38. С. 53–62.
9. Атанов С.К. Программные средства реализации адаптивных моделей с нечеткой логикой // Вестник науки КазАТУ им. С.Сейфуллина. 2009. № 2. С. 27–31.
10. Глушенко С.А. Применение системы MATLAB для оценки рисков информационной безопасности организации // Бизнес-информатика. 2013. № 4 (24). С. 35–42.
11. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
12. Долженко А.И., Глушенко С.А., Калугян К.Х., Лозина Е.Н., Чередниченко А.С. Система моделирования производственной нечеткой сети (ПРОНЕС) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010612952. М., 25.05.2010.
13. Анисимова Г.Б., Долженко А.И. Система оценки риска потребительского качества проектов информационных систем // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. 2010. №1 (38). С. 179–191.

FUZZY MODELING OF RISKS IN INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS

Sergey A. GLUSHENKO

*Post-graduate Student, Department of Information Systems and Applied Computer Science,
Faculty of Computer Technologies and Information Security, Rostov State Economic University (RINE)
Address: 69, Bolshaya Sadovaya street, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation
E-mail: gs-gears@yandex.ru*

Alexey I. DOLJENKO

*Professor, Department of Information Systems and Applied Computer Science,
Faculty of Computer Technologies and Information Security, Rostov State Economic University (RINE)
Address: 69, Bolshaya Sadovaya street, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation
E-mail: doljenkoalex@gmail.com*

This paper substantiates the importance of risk analysis in implementation of an investment and construction project (ICP) and validates feasibility of fuzzy logic in risk assessment. Application of fuzzy models enables to consider both quantitative and qualitative characteristics, as well as to represent fuzzy descriptions by using fuzzy sets and linguistic variables.

A fuzzy production model (FPM) introduced contains 19 input linguistic variables characterizing risk factors, 14 output linguistic variables characterizing risks in different areas of the ICP. The model builds on a set of 14 rules and allows a linguistic analysis of risks, which may cause potential detriment to a project, as well as to identify risk priorities (extremely high, high, medium, low, extremely low) that are essential for investment & construction project management. The FPM enables to remove restrictions on the number of considered input variables and to integrate both qualitative and quantitative approaches to risk assessment.

A problem statement is formulated for risk management tools to support fuzzy models and expediency of a proprietary decision support system (DSS) for risk analysis is justified. Then this paper describes a process of fuzzy modeling of the set of rules by using ModelingFuzzySet DSS that has been developed. Mamdani algorithm-based risk assessment mechanism enables to quantify risk, to obtain a linguistic description of a risk and expert's degree of confidence relating to risk occurrence.

The simulation results have been used by decision-makers to identify risk priorities and allowed to develop an effective action plan to mitigate the impact of the most dangerous threats faced by an investment & construction project.

Key words: risk, fuzzy set, term set, fuzzy production model, linguistic variable, set of rules, membership function, decision support system.

Citation: Glushenko S.A., Doljenko A.I. (2015) Sistema nechetkogo modelirovaniya riskov investicionno-stroitel'nyh proektov [Fuzzy modeling of risks in investment and construction projects]. *Business Informatics*, no. 2 (32), pp. 48–58 (in Russian).

References

1. Glushenko S.A. (2014) Nechetkaja model' i instrumentarij upravljenija riskami investicionno-stroitel'nyh proektov [Fuzzy model and tools for risk management in investment and construction projects]. Proceedings of the *Congress of Young Researchers*, vol. 3, St. Petersburg, ITMO University, pp. 172–174. (in Russian)
2. Simonov S.V. (1999) Analiz riskov, upravljenie riskami [Risk analysis, risk management]. *Jet Info Information Bulletin*, no. 1 (68), pp. 2–28. (in Russian)
3. Gorshkov A.S., Myasnikov A.V., Khovanov N.V. (2005) Prognozirovanie jevoljucii slozhnyh sistem v uslovijah neopredelennosti [Forecasting of complex systems evolution in the conditions of uncertainty]. Proceedings of the *6th International Conference «Analysis, Management and Forecasting in Complex Systems»*, St. Petersburg, vol. 2, pp. 168–174. (in Russian)
4. Borisov V.V., Kruglov A.S., Fedulov A.S. (2012) *Nechetkie modeli i seti* [Fuzzy models and networks]. Moscow: Hotline-Telecom (in Russian)
5. Zade L.A. (1976) *Ponjatije lingvisticheskoj peremennoj i ego primenenie k prinjatiju priblizhennyh reshenij* [A concept of linguistic variable and its application for fuzzy decision making]. Moscow: Mir. (in Russian)
6. Dolzhenko A.I. (2008) *Nechetkie modeli – jeffektivnyj instrumentarij dlja analiza potrebitel'skogo kachestva informacionnyh sistem* [Fuzzy models as efficient tools for analysis of consumer quality of information systems]. Rostov-on-Don: RSEU «RINE». (in Russian)
7. Dolzhenko A.I. (2009) Model' analiza riska potrebitel'skogo kachestva proektov jekonomicheskikh informacionnyh sistem [A model for analysis of consumer quality risks of economic information systems]. *Herald of North-Caucasus Federal University*, no. 1 (18), pp. 129–134. (in Russian)
8. Glushenko S.A. (2012) Analiz funkcional'noj polnoty programmyh sistem upravljenija riskami [Analysis of functional completeness of risk management information systems]. *Herald of RSEU (RINE)*, no. 38, pp. 53–62. (in Russian)
9. Atanov S.K. (2009) Programmnye sredstva realizacii adaptivnyh modelej s nechetkoj logikoj [Software for adaptive models with fuzzy logic]. *Research Herald of S.Seifullin Kazakh Agro Technical University*, no. 2, pp. 27–31. (in Russian)
10. Glushenko S.A. (2013) Primenenie sistemy MATLAB dlja ocenki riskov informacionnoj bezopasnosti organizacii [Risk assessment information security systems organization with MATLAB system]. *Business Informatics*, no. 4 (24), pp. 35–42. (in Russian)
11. Leonenkov A.V. (2005) *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH* [Fuzzy modelling in MATLAB and fuzzyTECH]. St. Petersburg: BVH-Petersburg. (in Russian)
12. Dolzhenko A.I., Glushenko S.A., Kalugyan K.H., Lozina E.N., Cherednichenko A.S. (2010) *Sistema modelirovaniya produkcionnoj nechetkoj seti (PRONES)* [Productive fuzzy net modelling system PRONES]. Certificate of software official registration, no. 2010612952. Moscow, 25 May 2010. (in Russian)
13. Anisimova G.B., Dolzhenko A.I. (2010) Sistema ocenki riska potrebitel'skogo kachestva proektov informacionnyh sistem [A system for evaluation of consumer quality risks of information systems projects]. *Herald of INZHECON. Series: Economics*, no. 1 (38), pp. 179–191. (in Russian)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН)

З.Н. ИСМИХАНОВ

кандидат экономических наук, доцент кафедры математических и естественнонаучных дисциплин, факультет управления, Дагестанский государственный университет

Адрес: 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Гаджиева, д. 43 а
E-mail: zaur_7979@mail.ru

Рассмотрены и решены задачи, связанные с когнитивной структуризацией предметной области и построением когнитивной модели, а также с проведением сценарного моделирования развития ситуаций в социальной и экономической сфере Республики Дагестан.

Первая задача решена на основе ситуационного анализа (SWOT-анализа) основных проблем состояния и тенденций развития Республики Дагестан. Это позволило выявить и предложить основные факторы состояния и перспектив развития экономики и социальной сферы республики. Разработана когнитивная модель социально-экономической системы региона – функциональный граф, в котором вершины соответствуют факторам системы, а дуги отражают функциональную зависимость между ними.

Вторая задача решена с применением системы когнитивного моделирования «Канва». На основе когнитивной модели проведено сценарное прогнозирование целевых социально-экономических показателей в зависимости от воздействия управляющих факторов.

Получены результаты прогнозирования развития социальной и экономической сферы региона на основе импульсного моделирования. Они позволяют выявить экономические, политические и социальные закономерности предупреждения и предотвращения негативных тенденций развития социальной и экономической сферы, получить теоретические и практические знания о проблемах в регионе и сформулировать на этой основе практические выводы. В частности, для улучшения уровня инвестиционной привлекательности республики предлагается активизировать деятельность органов власти по снижению административно-коррупционного давления на бизнес. Задачу снижения уровня безработицы предлагается решить разработкой мер по выявлению резервов и эффективному использованию ресурсов для развития малого предпринимательства.

Ключевые слова: когнитивный анализ и моделирование, слабоструктурированные системы, ситуационный анализ, прогнозирование, сценарный анализ, инвестиционная привлекательность.

Цитирование: Исмиханов З.Н. Моделирование социально-экономического развития региона на основе когнитивного подхода (на примере Республики Дагестан) // Бизнес-информатика. 2015. № 2 (32). С. 59–68.

Введение

Изучение проблем развития регионов России на современном этапе требует решения задачи комплексного анализа всех внутренних и внешних факторов, преимущественно влияющих на интересы, безопасность и устойчивость развития.

Данные вопросы особенно актуальны для регионов Северного Кавказа, в частности Республики Дагестан, являющихся дотационными и сложными с точки зрения общественно-политической обстановки.

Осуществление исследований анализа и прогнозирования социально-экономических процессов

таких территорий и практическая реализация получаемых результатов невозможны без применения соответствующего инструментария. Таковым, на наш взгляд, являются когнитивные технологии, которые получили широкое распространение при изучении и моделировании слабоструктурированных социально-экономических проблем, например, в работах [1, 7, 9, 11, 15]. Когнитивные технологии также активно применяются в исследованиях зарубежных ученых [3, 4, 10, 14], посвященных решению управленческих задач в условиях неопределенности и слабоструктурированности предметной ситуации.

Цель исследования состоит в разработке когнитивной модели социально-экономической сферы региона и оценки тенденций ее развития на основе сценарного прогнозирования.

1. Основные проблемы состояния и тенденций развития Республики Дагестан (SWOT-анализ) и когнитивная структуризация предметной области

Республика Дагестан традиционно считается сложным регионом РФ и от того, как здесь будут формироваться и определяться приоритеты в социально-экономическом развитии, будет зависеть будущее этого, во многом не развитого в социально-экономическом плане, субъекта федерации.

В основе технологии когнитивного анализа и моделирования лежит когнитивная (познавательная) структуризация знаний об объекте и его внешней среде [15].

Когнитивная структуризация предметной области – это выявление будущих целевых и нежелательных состояний объекта управления и наиболее существенных (базисных) факторов управления и внешней среды, влияющих на переход объекта в эти состояния, а также установление на качественном уровне причинно-следственных связей между ними, с учетом взаимовлияния факторов друг на друга.

Исследование проблем состояния и тенденций развития позволило определить основные сильные и слабые стороны (факторы), а также возможности и угрозы (SWOT-анализ), стоящие перед республикой, результаты которого представлены в

табл. 1. Для проведения этого исследования были привлечены эксперты – ученые, специалисты и руководители предприятий, организаций, органов государственной власти республики. Также были проанализированы ежегодные отчеты о ходе реализации задач, стоящих в рамках Стратегии социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 года¹. Таким образом, проведенный ситуационный анализ ситуации в республике позволил сформировать первичный набор факторов, характеризующих экономические, политические и другие процессы, протекающие в регионе и его макроокружении, и влияющих на его развитие. Этот набор факторов был уточнен с применением метода парных сравнений, в терминах которых мы можем описать социально-экономические процессы в республике (*табл. 2*).

Сильные стороны рассматриваются как конкурентные преимущества, на базе которых может быть основана долгосрочная стратегия устойчивого развития экономики и социальной сферы региона. Слабые стороны – это действующие факторы, снижающие эффективность проводимой органами государственной власти республики экономической и социальной политики.

Угрозы представляют собой отрицательные факторы, которые реально могут затормозить темпы экономического и социального развития региона. Их правильная оценка и принятие упреждающих мер на федеральном и региональном уровне по инициативе и при действенном участии органов исполнительной и законодательной власти республики могут реально снизить их негативный эффект. По мнению ряда специалистов, обеспечение сбалансированного социально-экономического развития регионов и сокращение уровня межрегиональной дифференциации является одним из целевых стратегических ориентиров развития Российской Федерации [16].

2. Когнитивная модель развития социальной и экономической ситуации Республики Дагестан

На следующем этапе исследования построена когнитивная модель развития социально-экономической системы региона. Построение подобной модели представляет собой процесс формализации знаний, полученных на этапе когнитив-

¹ Стратегия социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 года. URL.: http://old.nsrdr.ru/fck_user/files/files/present%202025.pdf

Таблица 1.

Фрагмент SWOT-анализа состояния и перспектив социально-экономического развития Республики Дагестан

Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
1. Благоприятная демографическая ситуация, увеличение численности населения трудоспособного возраста.	1. Трудоизбыточность, высокий уровень общей безработицы, низкий уровень заработной платы и доходов населения, высокая имущественная дифференциация населения.
2. Наличие производственной базы предприятий машиностроения, пищевой, перерабатывающей и деревообрабатывающей промышленности.	2. Высокая степень физического и морального износа основных производственных фондов, инженерной и коммунальной инфраструктуры.
3. Выгодное приграничное геополитическое и геоэкономическое положение (границы РД по суше и Каспийскому морю – с пятью государствами: Азербайджаном, Грузией, Казахстаном, Туркменистаном и Ираном).	3. Низкий уровень внешнеэкономических связей, высокий уровень дотационности бюджета республики, неблагоприятный инвестиционный климат.
4. Внутренние резервы и ресурсы для развития малого предпринимательства.	4. Повышенное административно-коррупционное давление на бизнес, клановый характер экономических отношений, высокий удельный вес теневой экономики.
5. Благоприятный мягкий климат, способствующий развитию сельского хозяйства.	5. Технологическая отсталость промышленного и сельскохозяйственного производства, низкая оснащенность предприятий современным оборудованием.
6. Богатая природно-сырьевая база.	6. Глубокая дифференциация уровня социально-экономического развития муниципальных образований.
7. Туристско-рекреационный потенциал территории (солнце, море, горы).	7. Низкая инвестиционная привлекательность республики, недостаточная развитость и неудовлетворительное состояние инфраструктуры туристско-рекреационного комплекса.
Возможности (O)	Угрозы (T)
1. Максимально возможное использование трудовых ресурсов и обеспечение продуктивной занятости трудоспособного населения и повышение уровня и качества жизни.	1. Высокий уровень безработицы и отток квалифицированной рабочей силы, творческой молодежи и предпринимателей, распространение идей религиозного экстремизма.
2. Эффективное использование потенциала незагруженных производственных мощностей.	2. Недостаточность средств местного и федерального бюджетов на развитие инфраструктуры производства.
3. Эффективное использование геоэкономического положения и международного транспортного коридора «север–юг» для развития внешнеэкономических связей и интеграции в мировой рынок.	3. Отставание развития транспортной инфраструктуры от потребностей и темпов развития региональной экономики, а также от других регионов.
4. Формирование благоприятного предпринимательского и инвестиционного климата, выравнивание условий конкуренции, расширение и укрепление налоговой базы за счет легализации теневой экономики.	4. Формирование этноклановой региональной экономики, повышение конкуренции со стороны соседних регионов.
5. Развитие промышленности по переработке продукции сельского хозяйства и расширение рынка сбыта продовольственных товаров собственного производства.	5. Продовольственная зависимость от регионов России и импорта из зарубежных стран.
6. Выравнивание социально-экономических параметров развития районов и городов республики.	6. Выбор догоняющего пути социально-экономического развития.
7. Развитие туризма. Использование туристско-рекреационного потенциала и развитие культурно-досугового бизнеса.	7. Опережающее развитие туризма в других регионах.

Таблица 2.

Перечень основных факторов, характеризующих экономику и социальную сферу Республики Дагестан

Обозначения факторов	Содержание факторов
V1	Человеческий капитал
V2	Уровень безработицы
V3	Геополитическое и геоэкономическое положение
V4	Уровень внешнеэкономических связей
V5	Уровень технологической отсталости промышленного и сельскохозяйственного производства, степень оснащенности современным оборудованием предприятий.
V6	Туристско-рекреационный потенциал
V7	Инвестиционная привлекательность
V8	Административно-коррупционное давление на бизнес
V9	Уровень использования потенциала природно-сырьевых ресурсов
V10	Уровень социально-экономического развития муниципальных образований
V11	Эффективность использования ресурсов и резервов для развития малого предпринимательства

ной структуризации. Оно предполагает решение следующих задач:

- ◆ выделение и обоснование факторов (табл. 2);
- ◆ установление и обоснование взаимосвязей между факторами (рис. 2);
- ◆ построение графовой модели (рис. 3).

Разработка когнитивной модели начинается с построения когнитивной карты, имеющей следующий общий вид:

$$G = \langle V, E \rangle, \quad (1)$$

где $V_i, i = 1, 2, \dots, k$ – вершины, содержание которых представлено в табл. 2;

$E_i, i = 1, 2, \dots, k$ – дуги, отражающие взаимосвязь между этими вершинами.

Для построения когнитивной модели и проведения на ее основе сценарного прогнозирования использована система когнитивного моделирования «Канва» [13]. Подсистемы системы концептуального моделирования «Канва» обеспечивают поддержку представления субъективной информации, извлечения предпочтений эксперта, обработку, представление результатов моделирования и поддержку аналитической деятельности эксперта. Построенная когнитивная модель ситуации представляется в виде ориентированного знакового графа (рис. 1) и задается матрицей смежности, в которой отмечены факты причинной связи между факторами (табл. 3). В системе «Канва» можно определить два вида причинных связей: положительные и отрицательные.

При положительной причинной связи (знак «плюс») считается что, увеличение значения фактора-причины приводит к увеличению значения фактора-следствия. При отрицательной причинной связи (знак «минус») считается, что увеличение значения фактора-причины приводит к уменьшению значения фактора-следствия. Причинно-следственные связи установлены на основе экспертных оценок с использованием активных индивидуальных методов, таких как методы анкетирования, интервьюирования, свободного диалога с экспертом. Также при экспертном анализе были использованы текстологические методы. Они включали в себя методы извлечения знаний, основанные на изучении текстов учебников, специальной литературы и документов, в которых были проведены исследования в области социально-экономического анализа и прогнозирования регионального развития.

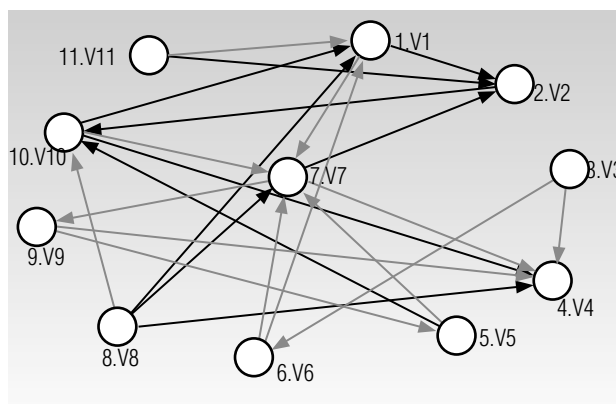


Рис. 1. Ориентированный знаковый граф

Таблица 3
Матрица смежности установления
причинно-следственных связей
между факторами

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
V1		-					+				
V2										-	
V3				+		+					
V4										-	
V5							+			-	
V6	+						+				
V7		-		+					+		
V8	-			-			-			+	
V9				+	+						
V10	-						+				
V11	+	+									

В подсистеме представления субъективной информации системы «Канва» факторам были заданы лингвистические значения в виде упорядоченного множества их абсолютных значений. Для определения силы взаимовлияния факторов в систему моделирования нами использована подсистема извлечения предпочтений эксперта. В этой подсистеме в качестве исходной информации используется информация о лингвистических значениях факторов региона и знаковый граф ситуации, введенные в подсистеме представления субъективной информации. Система обеспечивает генерацию вопросов эксперту и определение силы причинных связей между факторами в нескольких режимах. Нами использован режим парного сравнения. В этом режиме с помощью процедуры парного сравнения осуществлено упорядочивание факторов причин по силе влияния на фактор следствия. Его преимуществом является автома-

тическое обнаружение ошибок (нетранзитивных оценок) эксперта и их автоматическая или ручная корректировка, что повышает степень адекватности когнитивной модели.

3. Сценарный анализ и выявление тенденций развития ситуации в социальной и экономической сфере Республики Дагестан

После определения силы взаимовлияния всех факторов, связанных причинными связями, знаковый орграф преобразуется во взвешенный орграф, который в дальнейшем применяется для проведения сценарного анализа и прогнозирования возможных изменений социально-экономической ситуации региона. Динамика процессов ситуации описывается системой уравнений продукций «если, ... то ...».

Исходной информацией для моделирования являются уже введенная в компьютер информация о факторах: список факторов рассматриваемой ситуации, область определения факторов (множество возможных значений факторов), а также информация о взаимодействии факторов: список причинных связей и их видов (положительные и отрицательные), а также информация о силе причинных связей. Результат моделирования представляется в виде значений двух разнонаправленных тенденций: положительной и отрицательной. Обоснование значений положительных и отрицательных тенденций представляется в виде причинно-следственных цепочек. Положительная причинно-следственная цепочка показывает цепь факторов, последовательная активизация которых приводит к росту выходного фактора. Отрицательная причинно-следственная цепочка показывает цепь факторов, последовательная активизация которых приводят к уменьшению выходного фактора. Соотношение значений отрицательного и положительного влияния на фактор характеризуется консонансом, который может быть интерпретирован как доверие к результатам моделирования. Интервалы значений консонанса в системе «Канва» имеют лингвистическую интерпретацию типа «невозможно», «возможно», «достоверно» и т.д. [13].

Для получения прогноза развития ситуации в регионе необходимо выделить множество входных факторов, на которые подаются воздействия с целью прогнозирования их последствий (значений выходных факторов), и задать величины входных факторов.

Анализ работ [2, 5, 6, 8, 16], а также целей и задач Стратегии социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 года позволил описать текущую ситуацию в регионе.

1. Республика обладает перспективным экономико-географическим положением, которое позволяет соединить довольно развитые внутренние транспортные и торговые сети с подобными сетями пограничных субъектов федерации и зарубежных стран. Это позволит повысить уровень внешнеэкономических связей и интеграции с внешними рынками.

2. Экономика республики имеет дотационный характер, неэффективно используются возможности трудовых ресурсов и обеспечения продуктивной занятости трудоспособного населения.

3. Республика обладает туристско-рекреационным потенциалом, использование которого может развивать малое предпринимательство, человеческий капитал, снизить уровень безработицы.

4. Одной из существенных проблем для развития экономики и социальной сферы республики является уровень административно-коррупционного давления на бизнес. Это является тормозом для развития человеческого потенциала региона, повышения уровня инвестиционной привлекательности и снижения степени социальной и экономической дифференциации уровня развития муниципальных образований.

5. В настоящее время в регионе достаточно высокий уровень безработицы, что усиливает социальную напряженность и явления коррупции во всех сферах общества.

В качестве входных факторов нами отобраны вершины V5, V8. Основным выходным показателем является уровень безработицы (вершина V2), так как высокий уровень безработицы в трудоизбыточном и депрессивном регионе является одной из существенных социальных и экономических проблем. Выявление тенденций развития ситуации в регионе основано на сценарном подходе. Исследование с применением сценарного подхода проведено в соответствии с несколькими логическими этапами:

- ◆ заданы сценарии, отличающиеся значениями входных факторов;
- ◆ получены прогнозы развития для каждого сценария;
- ◆ выполнено сравнение значений прогнозов для разных сценариев и выявлены тенденции.

Результаты сценарного прогнозирования приведены в табл. 4 и 5. В частности, в табл. 4 при-

ведены результаты прогнозирования уровня безработицы в зависимости от изменения уровня административно-коррупционного давления на бизнес. В табл. 5 приведены результаты прогноза уровня безработицы в зависимости от изменения степени оснащённости современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства. Анализ результатов сценарного прогнозирования, приведенных в табл. 4 и 5, позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, снижение административно-коррупционного давления на бизнес до низкого уровня позволит снизить уровень безработицы до среднего (консонанс равен 0,56).

Во-вторых, постепенное увеличение степени оснащённости современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства также приведет к снижению уровня безработицы до среднего (консонанс равен 0,55).

Таким образом, можно отметить необходимость активизации и эффективной реализации органами государственной власти мер по снижению уровня коррумпированности и теневой составляющей экономики республики. Также одной из первоочередных задач, стоящих на пути к росту экономики и снижению уровня социальной напряженности в регионе, является техническое перевооружение предприятий промышленности и сельского хозяйства. Для решения этой задачи необходимо проработать комплекс мер по привлечению крупных инвестиций в республику. Это позволит обеспечить подъем реального сектора экономики, создать рабочие места, снизить уровень безработицы и повысить уровень человеческого капитала (качество и уровень жизни населения).

Выводы и рекомендации исследования имеют практическую значимость для решения некоторых задач, стоящих перед органами республики, в частности, обозначенных в Стратегии социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 года. В регионе не проводятся системные исследования развития региона и мониторинг проблемных ситуаций при целенаправленном развитии региона. Между тем, технология когнитивного моделирования, предлагаемая на примере конкретного региона, позволит провести системный информационный мониторинг социально-политических и социально-экономических ситуаций в развитии республики. Результаты подобного мониторинга могут вооружить аналитические службы органов государственной власти и министерств

республики адекватной информацией для выработки аналитических сценариев развития проблемных ситуаций и управления ими. Учитывая такое требование к методике анализа регионального развития, как систематичность, необходимо отметить, что подобный анализ представляется целесообразным проводить ежеквартально. Это даст возможность проводить всесторонний анализ прошлых, а также текущих тенденций и ситуаций в социально-экономической и политической системе, оценивать состояние региона, проводить разработку механизмов управления, оценивать возможные последствия решений, принимаемых на разных уровнях регионального управления на основе разрабатываемых когнитивных моделей. При этом одной из ответственных и сложных задач анализа регионального развития является подбор экспертов для повышения адекватности данных моделей. На этапе построения когнитивной карты привлекаются эксперты, компетентные в различных предметных областях – экономике, политологии, социологии, психологии. На этапе перехода на следующий уровень структуризации информации, отображенной в когнитивной карте, т.е. к когнитивной модели, в экспертные группы необходимо привлекать специалистов более узких предметных областей. Представляется, что когнитивные методы анализа информации и экспертных знаний следует широко использовать в деятельности правительственных органов республики. Также представляется целесообразным и остро необходимым в таком сложном регионе, как Республика Дагестан создать единое информационно-аналитическое управление на уровне республиканской власти, которое будет обеспечивать информационный мониторинг социально-политических и социально-экономических ситуаций, а также выработку аналитических сценариев развития проблемных ситуаций в регионе и управления ими. В 2013 году в Дагестане образован Стратегический совет при главе республики. Он создан как постоянно действующий совещательно-консультативный орган, деятельность которого направлена на содействие социально-экономическому развитию республики. Кроме того, в функции совета входит привлечение инвестиций, проведение экспертного анализа и выработка рекомендаций по проектам, инициативам и программам социально-экономического развития Дагестана.

Однако для глубокого и всестороннего анализа развития региона и мониторинга проблемных ситуаций при целенаправленном развитии республики государственные органы нуждаются в более

Таблица 4.

Выявление тенденции изменения уровня безработицы в зависимости от изменения уровня административно-коррупционного давления на бизнес

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ СИТУАЦИИ		РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Наименование сценария	Значение входного фактора «административно-коррупционное давление на бизнес»	Значение фактора «уровень безработицы»	Консонанс (доверие к результату)
Административно-коррупционное давление на бизнес остается на прежнем уровне	Почти высокий уровень коррупции во власти и административного давления на бизнес	Больше чем середина между очень низким и очень высоким уровнями (0%)	Возможно (0,56)
Административно-коррупционное давление на бизнес снижается до среднего уровня	Середина между низким уровнем коррупции во власти и административного давления на бизнес и высоким уровнем коррупции во власти и административного давления на бизнес	Середина между очень низким и очень высоким уровнями (снижается на 12,5%)	Возможно (0,56)
Административно-коррупционное давление на бизнес снижается до низкого уровня	Почти низкий уровень коррупции во власти и административного давления на бизнес	Середина между очень низким и очень высоким уровнями (снижается на 20%)	Возможно (0,56)

Таблица 5.

Выявление тенденции изменения уровня безработицы в зависимости от изменения уровня оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ СИТУАЦИИ		РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Наименование сценария	Значение входного фактора «степень оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства»	Значение фактора «уровень безработицы»	Консонанс (доверие к результату)
Степень оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства увеличивается	Середина между низким уровнем оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства и высоким уровнем оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства	Больше чем середина между очень низким и очень высоким уровнями (снижается на 3,7%)	Возможно (0,55)
Степень оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства увеличивается намного	Больше чем середина между низким уровнем оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства и высоким уровнем оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства	Середина между очень низким и очень высоким уровнями (снижается на 12,5%)	Возможно (0,55)
Степень оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства увеличивается значительно	Высокий уровень оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства	Середина между очень низким и очень высоким уровнями (снижение на 19,7%)	Возможно (0,55)

детальной, адекватной и своевременной информации, которую созданный Стратегический совет не обеспечивает.

Результаты исследования могут служить основой для проведения дальнейшего, более глубокого анализа тенденций социально-экономического развития республики, а также ситуационного анализа и управления развитием событий в кризисных ситуациях.

Заключение

В работе рассмотрена конкретная задача сценарного прогнозирования тенденций развития социальной и экономической сферы Республики Дагестан на основе построения когнитивной модели развития ситуации.

Проведенное исследование основных проблем состояния и тенденций развития Республики Да-

гестан (SWOT-анализ) позволил выявить основные факторы развития социальной и экономической сферы республики, такие как человеческий капитал, инвестиционная привлекательность, административно-коррупционное давление на бизнес, уровень безработицы и др.

В последнее десятилетие получили все большее распространение когнитивный анализ для исследования больших систем, функционирующих в условиях неопределенности разного рода, а также для управления развитием ситуаций в этих системах. С применением когнитивной структуризации знаний экспертов удалось построить формализованную модель предметной области – когнитивную модель развития социальной и экономической сферы Республики Дагестан. Реализация этой модели в компьютерной среде когнитивного моделирования позволила получить обоснованные результаты о характере изменения предлагаемых целевых факторов, характеризующих тенденции и направления развития региона.

Сценарное прогнозирование, проведенное в работе, может стать основой для выработки рекоменда-

ций дальнейших практических мер оздоровления экономики и социальной сферы.

Так, на основе проведенного исследования можно предложить следующие меры по снижению уровня безработицы и развитию человеческого капитала республики.

- ◆ рост инвестиций в реальный сектор экономики и постепенное увеличение степени оснащенности современным оборудованием предприятий промышленности и сельского хозяйства;

- ◆ активизация деятельности органов государственной власти республики по поэтапному снижению административно-коррупционного давления на бизнес.

Построенная когнитивная модель, на основе которой были проведены сценарные прогнозы, обладает достаточной степенью адекватности. Это подтверждается корректным и достаточно глубоким применением экспертных процедур на этапе когнитивной структуризации предметной ситуации и оценки интенсивности влияния факторов друг на друга. ■

Литература

1. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) // Управление большими системами. 2007. №16. С. 26–39.
2. Ахмедова М.Р. Инвестиционная привлекательность как средство реализации экономической политики Республики Дагестан // Актуальные вопросы экономики и управления: Сб. материалов II международной научной конференции (23-25 октября 2013 г., г. Москва). М.: Буки-Веди, 2013. С. 114–117.
3. Axelrod R.M. The structure of decision: The cognitive maps of political elites. Princeton: Princeton University Press, 1976. 404 p.
4. Atkin R.H. Combinatorial connectivities in social systems: An application of simplicial complex structures to the study of large organizations. Basel: Birkhauser Verlag, 1977. 253 p.
5. Гусейнова М.Р. Республика Дагестан: Приоритетные направления развития экономики // Российское предпринимательство. 2011. №2. С. 172–176.
6. Гусейнова М.Р. Инвестиционная политика Республики Дагестан // Материалы международной научно-практической конференции «Социальные и производственные основы модернизации экономики Оренбуржья» (23–24 ноября 2011 г., г. Оренбург). 2011. С. 25–28.
7. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. Ростов-на-Дону: РГУ, 2005. 288 с.
8. Денгаев А.М. Условия развития туристско-рекреационного комплекса республики Дагестан // Молодой ученый. 2012, №3. С. 161–163.
9. Захарова Е.Н. Разработка методологии решения системных задач устойчивого развития региональных социально-экономических систем на основе когнитивных технологий и анализа симплициальных структур: Автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – Ростов-на-Дону: РГЭУ, 2006. 48 с.
10. Huff A.S. Mapping strategic thought. Chichester: Wiley, 1990.
11. Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шубин А.В. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем. М.: СИНТЕГ, 2004. 296 с.

12. Кульба В.В., Кононов Д.А., Чернов И.В., Янич С.С. Сценарии управления государством (на примере Союза Сербии и Черногории) // Проблемы управления. 2005. № 5. С. 33–42.
13. Кулинич А.А. Субъектно-ориентированная система концептуального моделирования «Канва» // Материалы 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (11-12 октября 2001 г., г. Москва).
14. Kosco V. Fuzzy cognitive maps // International Journal of Man-Machine Studies. 1986. Vol. 1. P. 65–75.
15. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию // Труды 1-й международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2001) (11-12 октября 2001 г., г. Москва). М.: ИПУ РАН, 2001. Т. 1. С. 4–41.
16. Петросянц В.З., Дохолян С.В. Концептуальные основы стратегии регионального развития // Региональные проблемы преобразования экономики. 2011. № 3. С. 27–33.
17. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем / В.В.Кульба, Д.А.Кононов, С.С.Ковалевский, С.А.Косяченко, Р.М.Нижегородцев, И.В.Чернов. М.: ИПУ РАН, 2002. 122 с.

MODELING OF THE REGIONAL SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT ON THE BASIS OF A COGNITIVE APPROACH (ON MATERIALS OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN)

Zaur N. ISMIKHANOV

*Associate Professor, Department of Mathematical and Natural Sciences,
Faculty of Management, Dagestan State University*

Address: 43A, Gadjeva Street, Makhachkala, Republic of Dagestan, 367000, Russian Federation

E-mail: Zaur_7979@mail.ru

The issues concerned with the cognitive structuring of the subject area and cognitive model building as well as with the impulse modeling of the situation development in the social and economic sphere of the Republic of Dagestan are considered and solved.

The first task is solved on the basis of the SWOT analysis of the main problems connected with the current situation and tendencies of Dagestan development. This solution helped to reveal the main factors of the current situation and prospects of republic's social and economic development. The cognitive model of the regional social and economic system is created. A cognitive model is a functional graph of the considered system where the peaks correspond to the system factors and curves reflect their functional interdependence.

The second task is solved with the help of «Kanva» cognitive modeling system. The scenario forecast of target social and economic indicators in dependence of managing factors influence is carried out on the basis of the cognitive model.

The results of forecasting the regional social and economic development are got on the basis of impulse modeling. They help to find out social, economic and political patterns of warning and preventing negative tendencies of social and economic development, get theoretical and practical knowledge of problems in the region and formulate practical conclusion on this basis. In particular it is offered to enhance the activity of the governing bodies in order to reduce the administrative and corruptive pressure on business. This will lead to the improvement of the investment attractiveness level of the republic. The problem of unemployment can be solved by efficiently using reserves and resources for small business development.

Key words: cognitive analysis and modeling, managing the systems, situational analysis, forecasting, scenario analysis, investment attractiveness.

Citation: Ismikhonov Z.N. (2015) Modelirovanie social'no-jekonomicheskogo razvitija regiona na osnove kognitivnogo podhoda (na primere Respubliki Dagestan) [Modeling of the regional social and economic development on the basis of a cognitive approach (on materials of the Republic of Dagestan)]. *Business Informatics*, no. 2 (32), pp. 59–68 (in Russian).

References

1. Avdeeva Z.K., Kovriga S.V., Makarenko D.I. (2007) Kognitivnoe modelirovanie dlja reshenija zadach upravlenija slabostrukturirovannymi sistemami (situacijami) [Cognitive modeling for solving the problems of managing the systems (situations) with weak structures]. *Big Systems Management*, no. 16, pp. 26–39. (in Russian)
2. Akhmedova M.R. (2013) Investicionnaja privlekatel'nost' kak sredstvo realizacii jekonomicheskopolitiki Respubliki Dagestan [Investment attractiveness as a means of economic policy of the Republic of Dagestan]. Proceedings of the *Topical issues of economics and management, (Moscow, October 23–25)*. Moscow: Buki-Vedi, pp. 114–117. (in Russian)
3. Axelrod R.M. (1976) *The structure of decision: The cognitive maps of political elites*. Princeton: Princeton University Press.
4. Atkin R.H. (1977) *Combinatorial connectivities in social systems: An application of simplicial complex structures to the study of large organizations*. Basel: Birkhauser Verlag.
5. Guseinova M.R. (2011) Respublika Dagestan: prioritetye napravlenija razvitija jekonomiki [The Republic of Dagestan: priority directions of the economic development]. *Russian Entrepreneurship*, no. 2, pp. 172–176. (in Russian)
6. Guseinova M.R. (2011) Investicionnaja politika Respubliki Dagestan [Investment policy of the Republic of Dagestan]. Proceedings of the *Social and Production Bases of Modernization of Orenburg Region Economy (Orenburg, November 23–34, 2011)*, pp. 25–28.
7. Gorelova G.V., Zakharova E.N., Ginis L.A. (2005) *Kognitivnyj analiz i modelirovanie ustojchivogo razvitija social'no-jekonomicheskikh sistem* [Cognitive analysis and modeling the steady development of social and economic systems]. Rostov-on-Don: RSU. (in Russian)
8. Dengaev A.M. (2012) Uslovija razvitija turistsko-rekreacionnogo kompleksa respubliki Dagestan [The conditions of tourist and recreational complex development in the Republic of Dagestan]. *Young Scientist*, no. 3, pp. 161–163. (in Russian)
9. Zakharova E.N. (2006) *Razrabotka metodologii reshenija sistemnyh zadach ustojchivogo razvitija regional'nyh social'no-jekonomicheskikh sistem na osnove kognitivnyh tehnologij i analiza simplicial'nyh struktur* [Development of methodology for solving system tasks of the steady regional social and economic development on the basis of cognitive technologies and simplicial structures analysis] (PhD Thesis). Rostov-on-Don: RGEU. (in Russian)
10. Huff A.S. (1990) *Mapping strategic thought*. Chichester: Wiley.
11. Kulba V.V., Kononov D.A., Kosyachenko S.A., Shubin A.V. (2004) *Metody formirovanija scenarijev razvitija social'no-jekonomicheskikh sistem* [Methods of forming the social and economic development scenarios]. Moscow: SINTEG. (in Russian)
12. Kulba V.V., Kononov D.A., Chernov I.V., Yanich S.S. (2005) Scenarii upravlenija gosudarstvom (na primere Sojuza Serbii i Chernogorii) [Scenarios of state management (Serbia and Montenegro as examples)]. *Problems of Management*, no. 5, pp. 33–42. (in Russian)
13. Kulinich A.A. (2001) Subjektno-orientirovannaja sistema konceptual'nogo modelirovanija «Kanva» [The subject-oriented system of conceptual modeling «Kanva»]. Proceedings of the *Cognitive analysis and situations development management (Moscow, October 23–25, 2001)*. Moscow. (in Russian)
14. Kosco B. (1986) Fuzzy cognitive maps // *International Journal of Man-Machine Studies*, no. 1, pp. 65–75.
15. Maksimov V.I. (2001) Kognitivnye tehnologii – ot neznaniya k ponimaniju [Cognitive technologies – from unawareness to understanding]. Proceedings of the *Cognitive analysis and situations development management (Moscow, October 11–13, 2001)*. Moscow: IPU RAN, vol. 1, pp. 4–41. (in Russian)
16. Petrosyanc V.Z., Dokholyan S.V. (2011) Konceptual'nye osnovy strategii regional'nogo razvitija [Conceptual bases of the regional development strategy]. *Regional Problems of Economic Transformation*, no. 3, pp. 27–33. (in Russian)
17. Kulba V.V., Kononov D.A., Kovalevskii S.S., et al (2002) Scenarnyj analiz dinamiki povedenija social'no-jekonomicheskikh sistem [The scenario analysis of the dynamics of social and economic systems behavior]. Moscow: IPU RAN. (in Russian)

АДАПТАЦИЯ МЕТОДОВ СЕМЕЙСТВА ELECTRE ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В ЭКСПЕРТНУЮ СИСТЕМУ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Т.К. КРАВЧЕНКО

доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой бизнес-аналитики,
школа бизнес-информатики, факультет бизнеса и менеджмента,
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20
E-mail: tkravchenko@hse.ru

А.А. ДРУЖАЕВ

кандидат технических наук, доцент кафедры бизнес-аналитики,
школа бизнес-информатики, факультет бизнеса и менеджмента,
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20
E-mail: druzhaev@hse.ru

Аналитическое обоснование вариантов решений с использованием систем поддержки принятия решений (СППР) существенно повышает качество принимаемых решений. Использование существующих в настоящее время СППР, как правило, включающих в себя один-два метода принятия решений, не всегда приводит к желаемым результатам, поскольку каждый метод основан на определенных предпосылках и не является универсальным. Наибольший эффект достигается в том случае, когда в базу знаний СППР включается множество методов принятия решений. Единственной системой, которая отвечает данным требованиям, является Экспертная система поддержки принятия решений (ЭСППР), разработанная под руководством автора статьи. В настоящее время ЭСППР включает в себя около 50 методов принятия решений. Расширение базы знаний ЭСППР путем включения в нее новых методов позволит для каждой задачи принятия решения подобрать наиболее подходящий метод.

Дополнение модели «таблица решений», лежащей в основе базы знаний системы, позволяет развивать ЭСППР, не перерабатывая полностью программный код системы. База знаний системы содержит правила решения, построенные по принципу «если – то» (если выполняются такие-то условия принятия решения, то следует применить такой-то метод принятия решения). Для расширения базы знаний ЭСППР выбраны методы семейства ELECTRE. Основанием для выбора служит их ключевая особенность, заключающаяся в том, что они не используют операцию свертки оценок альтернатив, заданных в разных шкалах по отдельным критериям. В статье адаптированы алгоритмы методов семейства для включения в ЭСППР.

Результаты исследования могут быть использованы для развития ЭСППР, позволяя аналитически обосновывать варианты решений с применением методов, которые ранее в системе не использовались.

Ключевые слова: принятие решений, информационная система, Экспертная система поддержки принятия решений (ЭСППР), методы семейства ELECTRE, адаптация алгоритмов, база знаний ЭСППР.

Цитирование: Кравченко Т.К., Дружаев А.А. Адаптация методов семейства ELECTRE для включения в Экспертную систему поддержки принятия решений // Бизнес-информатика. 2015. № 2 (32). С. 69–78.

1. Введение

Среди информационно-аналитических систем особое место занимают системы поддержки принятия решений (СППР), основанные на использовании методов теории принятия решений. Под СППР обычно понимают интерактивные компьютерные системы, которые помогают лицу, принимающему решение (ЛПР), использовать информацию и модели для решения слабоструктурированных или трудноформализуемых задач [1; 2].

К числу наиболее известных СППР относятся Super Decisions, Decisions Lens, Expert Choice, Экспертная система поддержки принятия решений (ЭСППР) [3; 4]. Первые две системы используют метод анализа иерархий (МАИ) и метод аналитических сетей (МАС) Т.Л. Саати [5; 6]. Системы Expert Choice, Император 3.1, Эксперт, OPTIMUM, Выбор, MPRIORITY, WinEXP+, используют только МАИ [3].

Важной особенностью Экспертной системы поддержки принятия решений (ЭСППР) является ее универсальность: эта система содержит более 50 методов принятия решений, включая методы принятия решений в условиях риска и неопределенности, предусматривающие моделирование проблемных ситуаций принятия решений. Отличительной особенностью системы является также то, что она содержит базу знаний: набор правил выбора методов принятия решений для обоснования альтернатив в зависимости от условий принятия решения. При помощи системы можно осуществлять многомерный анализ решаемых задач и формирование аналитических отчетов с использованием OLAP-сервера.

Для дальнейшего развития ЭСППР использовано семейство методов ELECTRE. Одной из ключевых особенностей этих методов является возможность использования оценок альтернатив в различных единицах измерения и/или с разными масштабами.

Методы семейства ELECTRE

Методы семейства ELECTRE включают в себя ELECTRE I, ELECTRE Iv, ELECTRE IS, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE TRI. Автором базового метода семейства ELECTRE является профессор В.Рой [7]. Алгоритмы перечисленных методов подробно описаны в работах [8–10].

Каждый метод семейства обладает индивидуальными особенностями, что делает их применение

наиболее эффективным для различных типов задач принятия решений. Методы ELECTRE I и ELECTRE Iv являются базовыми методами семейства. Основными недостатками базовых методов являются отсутствие возможности получения полного ранжирования альтернатив. Однако процедура решения задач с применением базовых методов является достаточно быстрой, так как требуется минимальный набор исходных данных. Таким образом, базовые методы наиболее эффективны, если требуется произвести быстрое ранжирование альтернатив с низкой точностью или невозможно найти подходящего эксперта, который достаточно компетентен, чтобы подготовить исходные данные для других методов семейства.

Методы ELECTRE IS и ELECTRE II последовательно развивают базовые методы семейства, благодаря использованию псевдокритериев и процедуры дистилляции альтернатив. Наиболее эффективным является метод ELECTRE III, использующий преимущества методов ELECTRE IS и ELECTRE II.

В статье адаптированы (описаны в терминах ЭСППР и приведены к виду, удобному для разработки программного обеспечения) алгоритмы методов ELECTRE IS, ELECTRE II и ELECTRE III, с целью включения в ЭСППР.

2. Особенности метода ELECTRE IS

Для описания метода введем условные обозначения исходных данных: X_1, X_2, \dots, X_l – множество альтернатив; K_1, K_2, \dots, K_L – множество критериев (для каждого критерия задается также его направление: максимизация или минимизация); Z_1, Z_2, \dots, Z_L – множество весов критериев (веса нормированы); F_{il} – оценка альтернативы X_i по критерию K_l , элементы F_{il} образуют матрицу «критерии–альтернативы»; $X_i S X_k$ – «альтернатива X_i не хуже чем X_k » – логическое отношение, которое может иметь значения «истина» или «ложь». Вето-граница для l -го критерия – v_l обозначает критичную разницу между оценками альтернатив по l -му критерию, которая позволяет наложить вето на утверждение о том, что одна альтернатива «не хуже» другой. Граница безразличия для l -го критерия – q_l обозначает разницу между оценками двух альтернатив по l -му критерию, которая несущественна для лица, принимающего решение (ЛПР). Граница предпочтения для l -го критерия – p_l обозначает разницу между оценками двух альтернатив по l -му критерию, которая

существенна для ЛПР и позволяет сделать вывод о строгом превосходстве одной альтернативы над другой по данному критерию. Оценка p_l должна быть всегда больше q_l . η – коэффициент, который применяется к уровню границы безразличия q_l для его корректировки в процессе определения «ситуации вето». s – уровень согласия, который считается минимально достаточным для определения отношения $X_i SX_k$. $SO(X_i, X_k)$ – индекс согласия между альтернативами X_i и X_k .

Ключевым отличием метода ELECTRE IS является использование псевдокритериев. Концепция псевдокритериев основывается на том, что оценки альтернатив не обладают абсолютной точностью и разница между оценками альтернатив может трактоваться по-разному. В этих целях в методе ELECTRE IS используются «границы безразличия и предпочтения», которые позволяют учитывать степень превосходства одной альтернативы над другой по каждому критерию.

Процедура ранжирования альтернатив методом ELECTRE IS базируется на последовательном парном сравнении альтернатив. Для каждой пары альтернатив вычисляется индекс согласия $SO(X_i, X_k)$ следующим образом: относительно критериев с направлением «максимизация» индекс согласия $SO_+(X_i, X_k)$ равен сумме весов всех критериев, по которым альтернатива X_i лучше, чем X_k . Если разница между оценками альтернатив X_i и X_k по критерию l меньше границы безразличия, то его вес не учитывается. Если разница между оценками альтернатив X_i и X_k по критерию l больше или равна границе безразличия, но меньше границы предпочтения, то его вес учитывается с понижающим коэффициентом $\varphi_l(X_i, X_k)$. Если разница между оценками альтернатив X_i и X_k по критерию l больше или равна границе предпочтения, то его вес учитывается с коэффициентом 1.

$$SO_+(X_i, X_k) = \sum_{l=1}^L Z_l \{l: F_{il} - F_{kl} \geq p_l\} + \sum_{l=1}^L \varphi_l(X_i, X_k) \cdot Z_l \{l: q_l \leq F_{il} - F_{kl} < p_l\},$$

где $\varphi_l = \frac{F_{il} - F_{kl} - q_l}{p_l - q_l}$.

Относительно критериев с направлением «минимизация» индекс согласия $SO_-(X_i, X_k)$ равен сумме весов всех критериев, по которым альтернатива X_k лучше, чем X_i . Если разница между оценками альтернатив X_k и X_i по критерию l меньше границы безразличия, то его вес не учитывается. Если разница

между оценками альтернатив X_k и X_i по критерию l больше или равна границе безразличия, но меньше границы предпочтения, то его вес учитывается с понижающим коэффициентом $\varphi_l(X_i, X_k)$. Если разница между оценками альтернатив X_k и X_i по критерию l больше или равна границе предпочтения, то его вес учитывается с коэффициентом 1:

$$SO_-(X_i, X_k) = \sum_{l=1}^L Z_l \{l: F_{kl} - F_{il} \geq p_l\} + \sum_{l=1}^L \varphi_l(X_i, X_k) \cdot Z_l \{l: q_l \leq F_{kl} - F_{il} < p_l\},$$

где $\varphi_l = \frac{F_{kl} - F_{il} - q_l}{p_l - q_l}$.

Индекс согласия $SO(X_i, X_k)$ по всем критериям (с направлением максимизация и с направлением минимизация):

$$SO(X_i, X_k) = SO_+(X_i, X_k) + SO_-(X_i, X_k).$$

Далее для каждой пары альтернатив по каждому критерию проверяется наличие ситуации вето. Ситуация вето для критериев с направлением «максимизация» возникает в случае, если $F_{kl} - F_{il} \geq v_l - q_l \cdot \eta$, а для критериев с направлением «минимизация» – если $F_{il} - F_{kl} \geq v_l - q_l \cdot \eta$,

$$\text{где: } \eta = \frac{1 - SO(X_i, X_k)}{1 - s}.$$

η – коэффициент, который применяется к уровню границы безразличия q_l для его корректировки в процессе определения «ситуации вето». Чем больше та величина, на которую индекс согласия $SO(X_i, X_k)$ превосходит уровень согласия s , тем меньше η , а, соответственно, и вероятность возникновения ситуации вето (т.к. значение $q_l \cdot \eta$ уменьшается).

Если индекс согласия $SO(X_i, X_k)$ выше или равен заданному уровню согласия s , то между альтернативами X_i и X_k возникает отношение $X_i SX_k$. Если хотя бы по одному критерию между альтернативами существует ситуация вето, то отношение S между ними возникнуть не может.

3. Особенности метода ELECTRE II

В методе ELECTRE II применяются два уровня согласия s^1 и s^2 для определения двух порядков ранжирования альтернатив. Для определения отношения предпочтения S первого порядка применяется уровень согласия s^1 , а для второго – уровень s^2 . В первом порядке ранжирования (S^1) остаются только самые «сильные» отношения предпочте-

ния. Для того, чтобы второй порядок ранжирования (S^2) включал «слабые и сильные» отношения предпочтения, следует задавать уровень согласия s^1 больше, чем s^2 : чем меньше уровень согласия, тем ниже требования к величине индекса согласия для определения отношения S между альтернативами.

Метод ELECTRE II позволяет осуществлять полное ранжирование, благодаря использованию процедуры дистилляции альтернатив: наилучшей альтернативой считается та, которая предпочитается наибольшему количеству альтернатив, а наихудшей – та, которая предпочитается наименьшему количеству альтернатив.

Процедура ранжирования альтернатив методом ELECTRE II базируется на последовательном сравнении каждой пары альтернатив, для которых производится расчет индекса согласия и проверка ситуации вето. Ситуация вето возникает в следующих случаях: для критериев с направлением «максимизация» разница между оценками альтернатив X_k и X_i по критерию l превышает или равна его вето-границе v_l : $F_{ki} - F_{il} \geq v_l$; для критериев с направлением «минимизация» разница между оценками альтернатив X_i и X_k по критерию l превышает или равна его вето-границе v_l : $F_{il} - F_{ki} \geq v_l$, где l – номер критерия, F_{il} и F_{ki} – оценки сравниваемых альтернатив по критерию l .

Если индекс согласия $SO(X_i, X_k)$ выше или равен заданному уровню согласия s^1 , то между альтернативами X_i и X_k возникает отношение $X_i S^1 X_k$. Если хотя бы по одному критерию между альтернативами возникает ситуация вето, то отношение S^1 между ними возникнуть не может.

Если индекс согласия $SO(X_i, X_k)$ выше или равен заданному уровню согласия s^2 , то между альтернативами X_i и X_k возникает отношение $X_i S^2 X_k$. Если хотя бы по одному критерию между альтернативами возникает ситуация вето, то отношение S^2 между ними возникнуть не может.

Заключительным этапом ранжирования альтернатив с использованием метода ELECTRE II является процедура дистилляции альтернатив. Обозначим через r_{X_k} количество альтернатив X_k , которым предпочитается альтернатива X_i : $X_i S^1 X_k$, причем $k \neq i$.

В первую очередь, определяется множество D_1 , в которое входят все наилучшие альтернативы, предпочитаемые наибольшему числу других альтернатив по отношению S^1 (формируется экспертным

путем на основе значений r_{X_k}). Если множество D_1 содержит больше одной альтернативы, то значение r_{X_k} для них вычисляется повторно.

При повторном вычислении рассматриваются только те альтернативы, которые входят в множество D_1 . На основании повторно вычисленных значений r_{X_k} формируется новое множество наилучших альтернатив D_2 по отношению S^1 .

Процедура повторяется до тех пор, пока не будет определена единственная наилучшая альтернатива или не будет выделено несколько альтернатив, входящих во множество наилучших и имеющих одинаковое значение r . Наилучшая альтернатива (или несколько альтернатив) получает ранг 1 и удаляется из рассмотрения. Далее процедура дистилляции повторяется снова для определения альтернативы с рангом 2 и так далее до тех пор, пока все альтернативы не будут полностью проранжированы.

Если несколько альтернатив имеют ранг 1 и не могут быть проранжированы с помощью процедуры дистилляции, то они формируют множество N , в котором все альтернативы считаются равнозначными. Если необходимо проранжировать элементы множества N , то между альтернативами в данном множестве определяется отношение предпочтения S^2 , с помощью которого можно повторить процедуру дистилляции на множестве N .

Процедура определения отношения предпочтения S^2 аналогична процедуре, используемой для определения отношения предпочтения S^1 . Однако для ее применения используется уровень согласия s^2 . Таким образом, между альтернативами возникает отношение S^2 , если индекс согласия выше или равен заданному уровню согласия s^2 .

Так как уровень согласия $s^1 > s^2$, отношение предпочтения S^2 позволяет ЛПП выявить более «слабые» отношения предпочтения. Таким образом, отношения предпочтения S^2 могут помочь ЛПП сделать выбор между альтернативами, которые считаются равнозначными исходя из ранжирования с использованием отношения предпочтения S^1 .

4. Особенности метода ELECTRE III

В качестве дополнительного условного обозначения в данном методе используется индекс согласия $SO_l(X_i, X_k)$ между альтернативами X_i и X_k по критерию l . Общее отношение предпочтения обозна-

чается PR . Граница отношения предпочтения λ – значение PR , которое ЛПП считает минимально достаточным для определения отношения S между двумя альтернативами. $NE_l(X_i, X_k)$ – индекс несогласия по каждому критерию l . $ND(X_i, X_k)$ – общее отношение не-несогласия.

Высокая точность ранжирования метода ELECTRE III достигается, благодаря возможности использования нескольких псевдокритериев (см. метод ELECTRE IS) и процедуре дистилляции альтернатив (см. метод ELECTRE II). Использование псевдокритериев позволяет учесть неструктурированные данные при ранжировании альтернатив, а процедура дистилляции – присвоить каждой альтернативе свой ранг.

Процедура ранжирования альтернатив методом ELECTRE III базируется на последовательном сравнении каждой пары альтернатив.

Для критериев с направлением «максимизация» индекс согласия $SO_l(X_i, X_k)$ по каждому признаку рассчитывается по следующей формуле:

$$SO_l(X_i, X_k) = \begin{cases} 1, & \text{if } F_{il} - F_{kl} \geq p_l \\ \frac{F_{il} - F_{kl}}{p_l}, & \text{if } q_l < F_{il} - F_{kl} < p_l \\ 0, & \text{if } F_{il} - F_{kl} \leq q_l. \end{cases}$$

Аналогично для критериев с направлением «минимизация»:

$$SO_l(X_i, X_k) = \begin{cases} 1, & \text{if } F_{kl} - F_{il} \geq p_l \\ \frac{F_{kl} - F_{il}}{p_l}, & \text{if } q_l < F_{kl} - F_{il} < p_l \\ 0, & \text{if } F_{kl} - F_{il} \leq q_l, \end{cases}$$

где F_{kl} – оценка альтернативы X_k по критерию l , F_{il} – оценка альтернативы X_i по критерию l , q_l , p_l – границы безразличия и предпочтения для критерия l .

Индекс согласия по критерию l может принимать значение от 0 до 1. Если $SO_l(X_i, X_k) = 1$, то « X_i строго лучше X_k по критерию l »; если $SO_l(X_i, X_k)$ принимает значения в пределах от 0 до 1, имеем «нестрогое предпочтение»; если $SO_l(X_i, X_k) = 0$ – нет предпочтения.

Далее вычисляется индекс несогласия $NE_l(X_i, X_k)$ по каждому критерию l .

Для критериев с направлением «максимизация»:

$$NE_l(X_i, X_k) = \begin{cases} 0, & \text{if } F_{kl} - F_{il} \leq q_l \\ \frac{F_{kl} - F_{il}}{v_l}, & \text{if } q_l < F_{kl} - F_{il} < v_l \\ 1, & \text{if } F_{kl} - F_{il} \geq v_l. \end{cases}$$

Для критериев с направлением «минимизация»:

$$NE_l(X_i, X_k) = \begin{cases} 0, & \text{if } F_{il} - F_{kl} \leq q_l \\ \frac{F_{il} - F_{kl}}{v_l}, & \text{if } q_l < F_{il} - F_{kl} < v_l \\ 1, & \text{if } F_{il} - F_{kl} \geq v_l, \end{cases}$$

где F_{kl} – оценка альтернативы X_k по критерию l , F_{il} – оценка альтернативы X_i по критерию l , q_l – граница безразличия для критерия l , v_l – вето-граница для критерия l .

Индекс несогласия $NE_l(X_i, X_k)$ может принимать значение от 0 до 1. Значение 0 означает: «нет оснований полагать, что альтернатива X_i хуже альтернативы X_k по критерию l ». Если индекс несогласия $NE_l(X_i, X_k)$ принимает значения в пределах от 0 до 1, то «существуют основания полагать, что альтернатива X_i хуже альтернативы X_k ». Если $NE_l(X_i, X_k) = 1$, то критерий l накладывает вето на утверждение, что альтернатива X_i лучше, чем X_k .

Для оценки того, насколько одна альтернатива лучше другой по всем критериям, используется общий индекс согласия

$$C(X_i, X_k) = \sum_{l=1}^L Z_l \cdot SO_l(X_i, X_k),$$

где Z_l – веса критериев.

Если $C(X_i, X_k) = 1$, то альтернатива X_i имеет строгое предпочтение альтернативе X_k по всем критериям, если $C(X_i, X_k) = 0$, то нет оснований полагать, что альтернатива X_i лучше альтернативы X_k .

Для того чтобы оценить, насколько одна альтернатива хуже другой по всем критериям, используется общее отношение не-несогласия $ND(X_i, X_k)$:

$$ND(X_i, X_k) = \prod_{l: NE_l(X_i, X_k) > C(X_i, X_k)} \frac{1 - NE_l(X_i, X_k)}{1 - C(X_i, X_k)}.$$

Общее отношение не-несогласия может принимать значение от 0 до $+\infty$. Если $ND(X_i, X_k) = 0$, то, как минимум один критерий накладывает вето на утверждение, что альтернатива X_i лучше, чем X_k . Если отношение не-несогласия стремится к $+\infty$, то по всем критериям $SO_l(X_i, X_k) = 1$. Соответственно, чем меньше значение общего отношения не-несогласия $ND(X_i, X_k)$, тем меньше оснований утверждать, что альтернатива X_i хуже, чем X_k .

Для того, чтобы определить наличие отношения S между двумя альтернативами, требуется одновременно учесть два основных аспекта сравнения: отношение согласия и отношение не-несогласия. Учет отношения согласия и не-несогласия реали-

зует величина *общего отношения предпочтения PR* по соответствующей паре альтернатив:

$$PR(X_i, X_k) = ND(X_i, X_k) \cdot C(X_i, X_k).$$

PR принимает значение от 0 до $+\infty$, $PR = 0$ в том случае, если, как минимум, один критерий накладывает вето на утверждение, что альтернатива X_i лучше, чем X_k ($ND(X_i, X_k) = 0$) и/или нет оснований полагать, что альтернатива X_i лучше альтернативы X_k ни по одному из критериев ($C(X_i, X_k) = 0$). Согласно методу ELECTRE III, альтернатива X_i считается «не хуже чем» X_k , если значение $PR(X_i, X_k)$ не меньше границы отношения предпочтения λ . Чем выше λ , тем выше «строгость» ранжирования альтернатив. Заключительным этапом ранжирования альтернатив с использованием метода ELECTRE III является процедура дистилляции альтернатив (см. метод ELECTRE II).

5. Формирование матрицы «критерии – альтернативы» в условиях неопределенности условий принятия решения

Методы семейства ELECTRE применяются в условиях определенности. Однако для заполнения матрицы «критерии – альтернативы» не всегда имеются объективные данные, особенно если решение принимается на перспективу и существует неопределенность в условиях принятия решения. В этом случае предлагается разработать возможные проблемные ситуации, в которых может оказаться ЛПР, используя следующие подходы: имитационное моделирование, экспертное прогнозирование, когнитивное моделирование, моделирование на основе таблиц решений [11].

Для работы с имитационной моделью необходимо задать набор условий, воздействующих на формирование проблемных ситуаций, а также выявить зависимости, характеризующие возникновение тех или иных проблемных ситуаций в результате взаимодействия учитываемых условий. Тогда можно попытаться получить ответ на вопрос, какова будет проблемная ситуация, если результаты проверки условий в период прогноза примут определенные значения. Если же в формальном виде описать такие зависимости не удастся, то моделирование проблемных ситуаций чаще всего осуществляется на основе экспертного прогнозирования.

Качественный экспертный прогноз может быть разработан лишь в том случае, если он основательно подготовлен, задействованы компетентные специали-

сты, использована достоверная информация, оценки получены корректно и обработаны эффективно.

Когнитивное моделирование проблемных ситуаций основано на понятии когнитивной карты – ориентированного графа. Вершины когнитивной карты соответствуют условиям принятия решения, ориентированные ребра – причинно-следственным связям между условиями. Исторически первой когнитивной моделью был знаковый граф, затем появились нечеткие когнитивные карты. Существенным продвижением явилось создание модели когнитивной карты, управляемой нечеткими правилами. Благодаря наличию множества модификаций когнитивных карт, можно говорить о различных типах моделей их использования.

На практике наиболее удобным оказалось моделирование проблемных ситуаций на основе функциональной модели процесса принятия решения – таблицы решений. Таблица решений (ТР) состоит из четырех разделов: условия, учитываемые при принятии решения (раздел II); действия, предпринимаемые в результате проверки условий (раздел III); правила решения (по столбцам I и IV разделов). Каждое правило решения показывает, какие действия из числа перечисленных в III разделе, выполняются в каждой проблемной ситуации, определяемой конкретным сочетанием результатов проверки условий.

Для получения элементов матрицы «критерии – альтернативы» обращаются к экспертам, которые в количественной шкале (наиболее часто используются 10-балльные шкалы) задают оценки вариантов решения по каждому признаку в каждой проблемной ситуации. Мнения экспертов затем усредняются, чтобы получить согласованные оценки альтернатив по каждому признаку. В качестве исходных данных используются:

- ◆ множество альтернатив $X_i, i = 1, \dots, I$;
- ◆ множество критериев K_l (с направлением максимизации или минимизации) и коэффициентами относительной значимости каждого критерия $Z_l, l = 1, \dots, L$ (коэффициенты относительной значимости Z_l нормированы);
- ◆ множество проблемных ситуаций $j, j = 1, \dots, J$;
- ◆ вероятности появления проблемных ситуаций P_j ,

$$\sum_{j=1}^J P_j = 1;$$

- ◆ множество экспертов d и коэффициенты компетентности экспертов $W_d, d = 1, \dots, D$ (коэффициенты компетентности экспертов W_d нормированы).

Оценка i -альтернативы по l -критерию, выставленная d -экспертом в j -проблемной ситуации в

количественной шкале – F_{ildj} . Усредненные оценки альтернатив по каждому l -критерию обозначаются F_{il} и вычисляются по следующей формуле:

$$F_{il} = \sum_{j=1}^J \sum_{d=1}^D P_j \cdot W_d \cdot F_{ildj}, \quad i = 1, \dots, I, \quad l = 1, \dots, L.$$

Полученная матрица «критерии – альтернативы» может быть использована для всех методов семейства ELECTRE.

6. Встраивание новых методов в базу знаний ЭСППР

Как показал проведенный выше сравнительный анализ методов семейства, наиболее эффективным является метод ELECTRE III, который рекомендуется включить в ЭСППР. Учитывая, что матрица «критерии – альтернативы» на практике определяется преимущественно экспертным путем, введем в ЭСППР также комбинированный метод, использующий усредненную матрицу «критерии – альтернативы» в качестве исходной информации для метода ELECTRE III (алгоритм формирования матрицы приведен выше). Данный метод назовем PUR_qRou (по имени автора семейства методов ELECTRE).

При разработке модуля выбора метода принятия в зависимости от характеристик задачи принятия решения в ЭСППР также использовалась модель «таблица решений» (ТР). В этом случае в качестве условий, необходимых для выбора соответствующего метода, в ТР вводились вопросы об элементах задачи принятия решения, а входов условий – результаты проверки условий или возможные ответы на задаваемые вопросы (табл. 1). Раздел действий в ТР формируют различные методы принятия решения, включенные в ЭСППР (в табл. 1 не приведены).

Правила решения при такой трактовке ТР показывают, какие методы принятия решения должны выбираться в различных ситуациях, задаваемых различными комбинациями ответов на задаваемые вопросы об элементах задачи принятия решения. Совокупность решения и формирует базу знаний ЭСППР.

Для включения новых методов в систему может потребоваться изменить состав как вопросов, так и ответов. В данном случае в таблицу решения дополнительно включаются следующие ответы: на вопрос 2 «Принцип согласования оценок альтернатив в различных проблемных ситуациях с заданными вероятностями их появления» вводится ответ 2.3 «взвешенной суммы оценок альтернатив». Контекстная подсказка к ответу: «для согласования оценок альтернатив по l -признаку, заданных в различных

j -проблемных ситуациях, используется принцип взвешенной суммы оценок альтернатив, причем весами служат вероятности j -ситуаций». На вопрос 7 «Принцип согласования оценок альтернатив, заданных отдельными экспертами» предлагается ответ 7.4 «взвешенной суммы оценок альтернатив». Контекстная подсказка к ответу: «для согласования оценок альтернатив по l -признаку, заданных отдельными экспертами, используется принцип взвешенной суммы оценок альтернатив, причем весами служат коэффициенты компетентности экспертов». На вопрос 10 «Принципы согласования оценок альтернатив по отдельным критериям (признакам)» предлагается ответ 10.5 «Принцип Rou ».

Для включения в ЭСППР метода PUR_qRou правило решения будет выглядеть следующим образом: если выбраны ответы 1.3, 2.3, 5.1, 6.2, 7.4, 8.2, 9.1, 10.5, 11.1, 12.1, 13.1 (их формулировка в таблице 1 выделена курсивом), то применяется метод PUR_qRou .

Для включения в ЭСППР метода ELECTRE III соответствующее правило решения будет выглядеть следующим образом: если выбраны ответы 1.1, 5.1, 6.1, 8.2, 9.1, 10.5, 11.1, 12.1, 13.1, то применяется метод ELECTRE III.

7. Заключение

В результате проведенного исследования были адаптированы алгоритмы методов ELECTRE IS, ELECTRE II, ELECTRE III – описаны в терминах Экспертной системы поддержки принятия решений (ЭСППР) и приведены к виду, удобному для разработки программного обеспечения.

Для включения в ЭСППР предложены методы ELECTRE III и комбинированный метод PUR_qRou , предполагающий предварительный расчет элементов матрицы «критерии – альтернативы», когда нет объективных данных для ее заполнения.

Разработаны новые правила решения для включения в ЭСППР методов ELECTRE III и PUR_qRou путем введения соответствующих ответов на задаваемые системой вопросы об элементах задачи принятия решения. Новые правила решения включены в управляющую таблицу решений, лежащую в основе построения экспертной оболочки системы.

Результаты исследования могут быть использованы для развития Экспертной системы поддержки принятия решений, позволяя аналитически обосновывать варианты решений с применением различных методов принятия решения. ■

Таблица 1.

Вопросы об элементах задачи принятия решения и их различные реализации (ответы)

Условия (вопросы)	Номер ответа	Входы условий (варианты ответов)
1. Информированность об условиях принятия решения	1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6	Одна проблемная ситуация. Несколько проблемных ситуаций с неизвестными вероятностями их появления. <i>Несколько проблемных ситуаций с заданными вероятностями их появления.</i> Несколько ненаблюдаемых проблемных ситуаций с заданными вероятностями их появления и вероятностями их взаимосвязи с наблюдаемыми событиями, им присущими. Несколько проблемных ситуаций, упорядоченных по степени достоверности их появления. На первом этапе решения задачи моделируется несколько проблемных ситуаций с неизвестными вероятностями их появления, на втором этапе ЛПР предпринимает попытку их оценить.
2. Принцип согласования оценок альтернатив в различных проблемных ситуациях с заданными вероятностями их появления	2.1 2.2 2.3	Принцип большинства. Принцип Байеса. <i>Принцип взвешенной суммы оценок альтернатив.</i>
3. Принцип согласования оценок альтернатив в различных проблемных ситуациях с неизвестными вероятностями их появления	3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7	Принцип Парето. Принцип пессимизма. Принцип оптимизма. Принцип Гурвица. Принцип антагонистического игрока. Принцип Сэвиджа. Принцип Лапласа.
4. Принцип согласования оценок альтернатив в различных проблемных ситуациях задачи принятия решения в два этапа	4.1	На первом этапе для согласования оценок альтернатив в различных проблемных ситуациях применяется принцип Парето, на втором этапе – принцип большинства.
5. Информированность о последствиях принимаемого решения	5.1 5.2 5.3	<i>Полная определенность на одном этапе.</i> Частичная неопределенность на конечном множестве дискретных этапов. Частичная неопределенность на бесконечном множестве дискретных этапов.
6. Количество экспертов, привлекаемых к решению задачи	6.1 6.2	Один эксперт. <i>Несколько экспертов.</i>
7. Принцип согласования оценок альтернатив, заданных отдельными экспертами	7.1 7.2 7.3 7.4	Принцип большинства. Принцип Парето. На первом этапе решения задачи для согласования оценок альтернатив с позиций различных экспертов применяется принцип Парето, на втором этапе – принцип большинства. <i>Принцип взвешенной суммы оценок альтернатив.</i>
8. Количество признаков оценки альтернатив	8.1 8.2	Один признак. <i>Несколько признаков.</i>
9. Степень сравнимости признаков	9.1 9.2	<i>Признаки несравнимы.</i> Признаки сравнимы.
10. Принципы согласования оценок альтернатив по отдельным критериям (признакам)	10.1 10.2 10.3 10.4 10.5	Принцип большинства. Принцип Парето. Принцип последовательного рассмотрения критериев. Решение задачи в два этапа: на первом этапе для согласования оценок альтернатив с позиций различных критериев (признаков) применяется принцип Парето, на втором этапе – принцип большинства. <i>Принцип Roy.</i>
11. Способ задания оценок относительной значимости критериев	11.1 11.2	<i>Заданы веса критериев (признаков).</i> Признаки упорядочены по значимости.
12. Способ задания множества альтернатив	12.1 12.2	<i>Множество альтернатив конечно.</i> Множество альтернатив представлено в виде подмножества n-мерного пространства.
13. Способ задания предпочтений на множестве альтернатив	13.1 13.2	<i>Заданы количественные оценки альтернатив по каждому признаку.</i> Заданы порядковые оценки альтернатив по каждому признаку.

Литература

1. Burstein F., Holsapple C.W. Handbook on decision support systems 1. Basic themes. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. 833 p.
2. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений // Проблемы управления. 2003. № 1. С. 13–28.
3. Кравченко Т.К., Середенко Н.Н. Выделение признаков классификации систем поддержки принятия решений // Открытое образование. 2010. № 4. С. 71–79.
4. Кравченко Т.К. Экспертная система поддержки принятия решений // Открытое образование. 2010. № 6. С. 147–156.
5. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
6. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. М.: ЛКИ, 2008. 360 с.
7. Roy B. Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE) // La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle (RIRO). 1968. No. 8. P. 57–75.
8. Roy B. The outranking approach and the foundation of ELECTRE methods // Theory and Decision. 1991. No. 31. P. 49–73.
9. Figueira J., Mousseau V., Roy B. ELECTRE methods / In: J.Figueira, S.Greco, M.Ehrgott (eds.) Multiple criteria decision analysis. State of the art surveys. Boston: Springer, 2005. P. 133–162.
10. Kangas A., Kangas J., Pykäläinen, J. Outranking methods as tools in strategic natural resources planning // Silva Fennica. 2001. No. 35 (2). P. 215–227.
11. Кравченко Т.К. Метод аналитических сетей при принятии решений в условиях неопределенности // Экономика и математические методы. 2012. Т. 48, № 4. С. 99–112.

ADAPTATION OF ELECTRE FAMILY METHODS FOR THEIR INTEGRATION INTO THE EXPERT DECISION SUPPORT SYSTEM

Tatiana K. KRAVCHENKO

*Professor, Head of Department of Business Analytics, School of Business Informatics,
Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics
Address: 20, Myasnitskaya str., Moscow, 101000, Russian Federation
E-mail: tkravchenko@hse.ru*

Alexey A. DRUZHAEV

*Associate Professor, Department of Business Analytics, School of Business Informatics,
Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics
Address: 20, Myasnitskaya str., Moscow, 101000, Russian Federation
E-mail: druzhaev@hse.ru*

Analytical justification of solutions using a decision support system (DSS) significantly increases the quality of decisions. The existing DSS generally employs 1 or 2 methods of decision-making. It does not always lead to the desired results as each method is based on certain assumptions and is not universal. The maximum effect can be achieved only insofar as a set of decision making methods is included into the knowledge base of the DSS. The only system that meets these requirements is an Expert decision support system (EDSS) developed under supervision of the author. Currently the EDSS includes about 50 methods of decision making. The expansion of the EDSS knowledge base by including new methods will allow choosing the most suitable method for solving each decision-making task.

Addition of the «decision table» model underlying the system knowledge base allows you to develop the EDSS without a complete reworking of the system code. The system knowledge base contains decision rules built on the principle of «if... then...» (if given some definite conditions of decision making, then a certain method of decision-making should be employed). To expand the knowledge base the EDSS selected ELECTRE collection methods. Their key feature consists in the fact that they do not use the convolution operation of evaluation of the alternatives specified in different scales on individual criteria. This was the reason for selecting the methods of this family. In the article the algorithms of these methods are adapted for their inclusion in the EDSS. An algorithm for obtaining a criterion-alternative matrix is proposed. It serves as input information for the ELECTRE family methods in cases where there is no objective information for its formation.

The results of the study can be used to develop the EDSS, allowing analytical justification of solutions using methods that were not previously used in the system.

Key words: decision making, information system, Expert Decision Support System (EDSS), ELECTRE family methods, adaptation of algorithms, EDSS knowledge base.

Citation: Kravchenko T.K., Druzhaev A.A. (2015) Adaptacija metodov semejtva ELECTRE dlja vključenija v Ekspertnuju sistemu podderzhki prinjatija reshenij [Adaptation of ELECTRE family methods for their integration into the Expert Decision Support System]. *Business Informatics*, no. 2 (32), pp. 69–78 (in Russian).

References

1. Burstein F., Holsapple C.W. (2008) *Handbook on decision support systems 1. Basic themes*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
2. Trakhtengerts E.A. (2003) Komp'juternye sistemy podderzhki prinjatija upravlencheskih reshenij [Computer systems for management decisions support]. *Problems of management*, no. 1, pp. 13–28. (in Russian)
3. Kravchenko T.K., Seredenko N.N. (2010) Vydelenie priznakov klassifikacii sistem podderzhki prinjatija reshenij [Allocation of classification characteristics for decision support systems]. *Open education*, no. 4, pp. 71–79. (in Russian)
4. Kravchenko T.K. (2010) Ekspertnaja sistema podderzhki prinjatija reshenij [Expert based decision support system]. *Open education*, no. 6, pp. 147–156. (in Russian)
5. Saati T.L. (1993) *Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhij* [Decision making. Analytic hierarchy process]. Moscow: Radio i svyaz. (in Russian)
6. Saati T.L. (2008) *Prinjatie reshenij pri zavisimostjah i obratnyh svyazjah. Analiticheskie seti* [Decision making with relationships and feedbacks. Analytic network process]. Moscow: LKI. (in Russian)
7. Roy B. (1968) Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE). *La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle (RIRO)*, no. 8, pp. 57–75. (in French)
8. Roy B. (1991) The outranking approach and the foundation of ELECTRE methods. *Theory and Decision*, no. 31, pp. 49–73.
9. Figueira J., Mousseau V., Roy B. (2005) ELECTRE methods / In: J.Figueira, S.Greco, M.Ehrgott (eds.) *Multiple criteria decision analysis. State of the art surveys*. Boston: Springer, pp. 133–162.
10. Kangas A., Kangas J., Pykäläinen, J. (2001) Outranking methods as tools in strategic natural resources planning. *Silva Fennica*, no. 35 (2), pp. 215–227.
11. Kravchenko T.K. (2012) Metod analiticheskikh setej pri prinjatii reshenij v uslovijah neopredelennosti [Analytic network process for decision making under uncertainty]. *Economics and mathematical methods*, vol. 48, no. 4, pp. 99–112. (in Russian)

Представляемая для публикации статья должна быть актуальной, обладать новизной, отражать постановку задачи (проблемы), описание основных результатов исследования, выводы, а также соответствовать указанным ниже правилам оформления.

Текст должен быть тщательно вычитан автором, который несет ответственность за научно-теоретический уровень публикуемого материала.

Материалы представляются в электронном виде по адресу:
bijournal@hse.ru.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

ТЕКСТ СТАТЬИ представляется в редакцию в электронном виде (в формате MS Word, версия 2003 или выше).

ОБЪЕМ. Ориентировочный объем статьи составляет 20-25 тысяч знаков (с пробелами).

ШРИФТ, ФОРМАТИРОВАНИЕ, НУМЕРАЦИЯ СТРАНИЦ

ШРИФТ – Times New Roman, кегль набора – 12 пунктов, полуторный интервал, форматирование по ширине. Нумерация страниц – сверху по центру, поля: левое – 2,5 см, верхнее, нижнее и правое – по 1,5 см.

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ приводится на русском и английском языках. Название статьи должно быть информативным и раскрывать содержание статьи.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ приводятся на русском и английском языках и включают следующие элементы:

- ◆ фамилия, имя, отчество всех авторов полностью
- ◆ должность, звание, ученая степень каждого автора
- ◆ полное название организации – места работы каждого автора в именительном падеже, полный почтовый адрес каждой организации (включая почтовый индекс)
- ◆ адрес электронной почты каждого автора.

АННОТАЦИЯ К СТАТЬЕ представляется на русском и английском языках.

- ◆ Объем – 200-300 слов.
- ◆ Аннотация должна быть информативной (не содержать общих слов).
- ◆ Аннотация должна отражать основное содержание статьи и быть структурированной (следовать логике описания результатов в статье).
- ◆ Структура аннотации: предмет, цель, метод или методологию проведения исследования, результаты исследований, область их применения, выводы.
- ◆ Метод или методологию проведения исследований целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы. В аннотациях статей, описывающих экспериментальные работы, указывают источники данных и характер их обработки.
- ◆ Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и дан-

ным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также информации, которая, по мнению автора, имеет практическое значение.

- ◆ Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.
- ◆ Сведения, содержащиеся в названии статьи, не должны повторяться в тексте аннотации. Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...»).
- ◆ Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения, в аннотации не приводятся.
- ◆ В тексте аннотации следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций.
- ◆ В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА приводятся на русском и английском языках. Количество ключевых слов (словосочетаний) – 6-10. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга точкой с запятой.

ФОРМУЛЫ. При наборе формул, как выключных, так и строчных, должен быть использован редактор формул MS Equation. В формульных и символических записях греческие (русские) символы, а также математические функции записываются прямыми шрифтами, а переменные аргументы функций в виде английских (латинских) букв – наклонным курсивом (пример «cos a», «sin b», «min», «max»). Нумерация формул – сквозная (по желанию авторов допускается двойная нумерация формул с указанием структурного номера раздела статьи и, через точку, номера формулы в разделе).

РИСУНКИ (графики, диаграммы и т.п.) могут быть оформлены средствами MS Word или MS Excel. Ссылки на рисунки в тексте обязательны и должны предшествовать позиции размещения рисунка. Допускается использование графического векторного файла в формате wmf/emf или cdr v. 10. Фотографические материалы предоставляются в формате TIF или JPEG, с разрешением изображения не менее 300 точек на дюйм. Нумерация рисунков – сквозная.

ТАБЛИЦЫ оформляются средствами MS Word или MS Excel. Нумерация таблиц – сквозная.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ составляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка (примеры оформления размещены на сайте журнала <http://bi.hse.ru/>). Нумерация библиографических источников – в порядке цитирования. Ссылки на иностранную литературу – на языке оригинала без сокращений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ АНГЛОЯЗЫЧНОГО БЛОКА оформляется в соответствии с требованиями SCOPUS (примеры оформления размещены на сайте журнала <http://bi.hse.ru/>). Для транслитерации русскоязычных наименований можно воспользоваться сервисом <http://translit.ru/>.

ЛИЦЕНЗИОННЫЙ ДОГОВОР

Для размещения полнотекстовых версий статей на сайте журнала с авторами заключается лицензионный договор о передаче авторских прав.

Плата с авторов за публикацию рукописей не взимается.

AUTHORS GUIDELINES

Articles should be topical and original, should outline tasks (issues), describe key results of the author's research and appropriate conclusions.

Manuscripts are submitted via e-mail: bijournal@hse.ru.

MANUSCRIPT REQUIREMENTS

TEXT FILES should be submitted in electronic form, as a MS Word document (version 2003 or higher).

LENGTH. Articles should be between 20 and 25 thousand characters (incl. spaces).

FONT, SPACING, MARGINS. The text should be in Times New Roman 12 pt, 1.5 spaced, fit to the width, margins: left – 25 mm, all other – 15 mm.

TITLE of the article should be submitted in native language and English.

AUTHORS' DETAILS are presented in native language and English. The details include:

- ◆ Full name of each author
- ◆ Position, rank, academic degree of each author
- ◆ Affiliation of each author, at the time the research was completed
- ◆ Full postal address of each affiliation (incl. postcode / ZIP)
- ◆ E-mail address of each author.

ABSTRACT are presented in native language and English.

- ◆ The abstract should be between 200 and 300 words.
- ◆ The abstract should be informative (no general words), original, relevant (reflects your paper's key content and research findings); structured (follows the logics of results' presentation in the paper)
 - ◆ The recommended structure: purpose (mandatory), design / methodology / approach (mandatory), findings (mandatory), research limitations / implications (if applicable), practical implications (if applicable), originality / value (mandatory).
- ◆ It is appropriate to describe the research methods/methodology

if they are original or of interest for this particular research. For papers concerned with experimental work the data sources and data procession technique should be described.

- ◆ The results should be described as precisely and informatively as possible. Include your key theoretical and experimental results, factual information, revealed interconnections and patterns. Give special priority in the abstract to new results and long-term impact data, important discoveries and verified findings that contradict previous theories as well as data that you think have practical value.

- ◆ Conclusions may be associated with recommendations, estimates, suggestions, hypotheses described in the paper.

- ◆ Information contained in the title should not be duplicated in the abstract. Authors should try to avoid unnecessary introductory phrases (e.g. «the author of the paper considers...»).

- ◆ Authors should use the language typical of research and technical documents to compile your abstract and avoid complex grammatical constructions.

- ◆ The text of the abstract should include key words of the paper.

KEYWORDS are presented in native language and English. The number of key words / words combinations are from 6 to 10 (separated by semicolons).

FORMULAE should be prepared using Math Type or MS Equation tool.

FIG.S should be of high quality, black and white, legible and numbered consecutively with Arabic numerals. All Fig.s (charts, diagrams, etc.) should be submitted in electronic form (photo images – in TIF, PSD or JPEG formats, minimum resolution 300 dpi). Appropriate references in the text are required.

REFERENCES should be presented in Harvard style and carefully checked for completeness, accuracy and consistency.

The publication is free of charge.