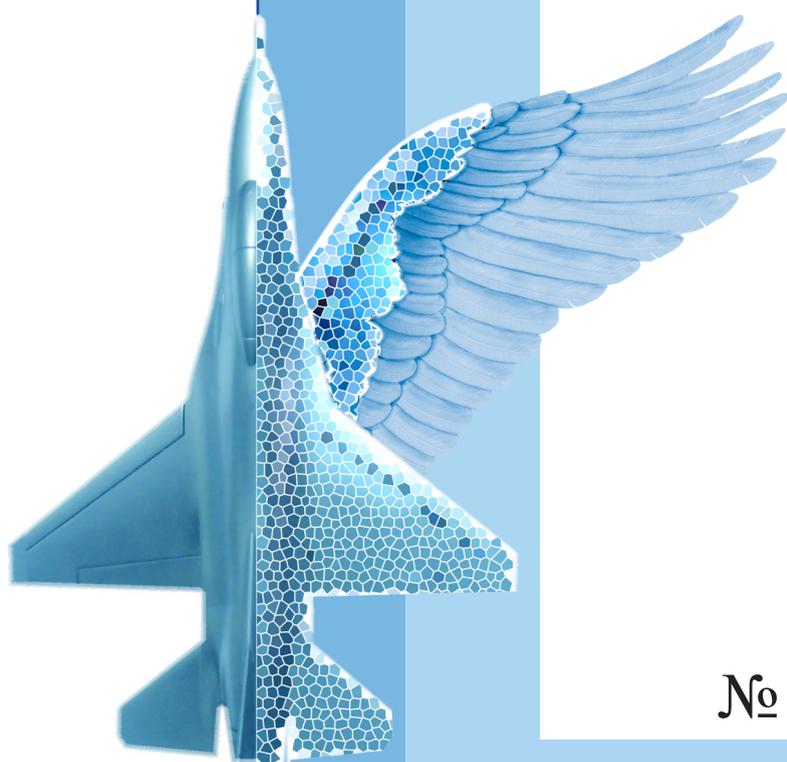


ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



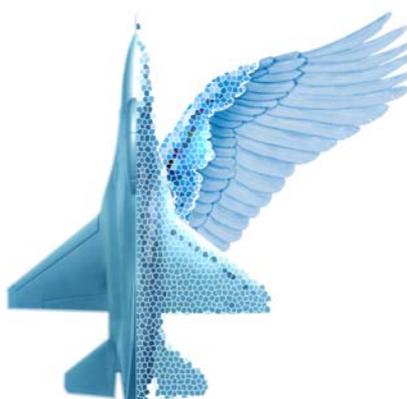
Том **5**
№ **2**(16)/2015

ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

Том 5

№ 2(16)



EDITORIAL BOARD – РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Anatoly I. Belousov	Белоусов Анатолий Иванович, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Nikolay M. Borgest	Боргест Николай Михайлович, к.т.н., профессор СГАУ, член ИАОА, г. Самара
Yuri R. Valkman	Валькман Юрий Роландович, д.т.н., профессор, МНУЦ ИТиС НАН и МОН Украины, г. Киев
Stanislav N. Vasiliev	Васильев Станислав Николаевич, академик РАН, ИПУ РАН, г. Москва
Vladimir A. Vittikh	Виттих Владимир Андреевич, д.т.н., профессор, ИПУСС РАН, г. Самара
Vladimir V. Golenkov	Голенков Владимир Васильевич, д.т.н., профессор, БГУИР, г. Минск
Vladimir I. Gorodetsky	Городецкий Владимир Иванович, д.т.н., профессор, СПИИРАН, г. Санкт-Петербург
Alexander S. Kleshchev	Клещёв Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор, ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток
Valery A. Komarov	Комаров Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Sergey M. Krylov	Крылов Сергей Михайлович, д.т.н., профессор, СамГТУ, г. Самара
Victor M. Kureichik	Курейчик Виктор Михайлович, д.т.н., профессор, Технологический институт ЮФУ, г. Таганрог
Lyudmila V. Massel	Массель Людмила Васильевна, д.т.н., профессор, ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск
Dmitry A. Novikov	Новиков Дмитрий Александрович, член-корреспондент РАН, ИПУ РАН, г. Москва
Semyon A. Piyavsky	Пиавский Семён Авраамович, д.т.н., профессор, СГАСУ, г. Самара
George Rzevski	Ржевский Георгий, профессор, Открытый университет, г. Лондон
Peter O. Skobelev	Скобелев Петр Олегович, д.т.н., РКК «Энергия» им.С.П.Королёва, Московская обл., г. Королёв
Sergey V. Smirnov	Смирнов Сергей Викторович, д.т.н., ИПУСС РАН, г. Самара
Anatoly V. Sollogub	Соллогуб Анатолий Владимирович, д.т.н., профессор, РКЦ «Прогресс», г. Самара
Peter I. Sosnin	Соснин Петр Иванович, д.т.н., профессор, УлГТУ, г. Ульяновск
Dzhavdet S. Suleymanov	Сулейманов Джавдет Шевкетович, академик, вице-президент АН РТ, г. Казань
Robert I. Tuller	Таллер Роберт Израилевич, д.филос.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Boris E. Fedunov	Федунов Борис Евгеньевич, д.т.н., профессор, ГосНИИ Авиационных систем, г. Москва
Altynbek Sharipbay	Шарипбай Алтынбек, д.т.н., профессор, Институт искусственного интеллекта, г. Астана
Boris Ya. Shvedin	Шведин Борис Яковлевич, к.психол.н., ООО «Дан Роуз», член ИАОА, г. Ростов-на-Дону

Executive Editorial Board - Исполнительная редакция

Chief Editor Smirnov S.V.	Главный редактор	Смирнов С.В.	директор ИПУСС РАН
Executive Editor Borgest N.M.	Выпускающий редактор	Боргест Н.М.	директор изд-ва «Новая техника»
Editor Kozlov D.M.	Редактор	Козлов Д.М.	профессор СГАУ
Technical Editor Simonova A.U.	Технический редактор	Симонова А.Ю.	редактор изд-ва «Новая техника»
Translation Editor Korovin M.D.	Редактор перевода	Коровин М.Д.	аспирант СГАУ
Proofreader Shustova D.V.	Корректор	Шустова Д.В.	аспирант СГАУ

CONTACTS – КОНТАКТЫ

ИПУСС РАН

443020, Самара, ул. Садовая, 61.
тел.: +7 (846) 332 39 27, факс.: +7 (846) 333 27 70

Смирнов С.В.
smirnov@iccs.ru

СГАУ

443086, Самара, Московское шоссе 34, корп. 10, кафедра КиПЛА
тел.: +7 (846) 267 46 47, факс.: +7 (846) 267 46 46

Боргест Н.М.
borgest@yandex.ru

Издательство «Новая техника»

443010, Самара, ул.Фрунзе, 145, тел.: +7 (846) 332 67 84, факс: +7 (846) 332 67 81

Сайт журнала: http://agora.guru.ru/scientific_journal/

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Номер контракта 64-03/2012.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ № ФС 77-46447 от 7.09.2011 г.



Отпечатано в издательстве «Новая техника»
Подписано в печать 17.06.2015. Тираж 300 экз.

© Все права принадлежат авторам публикуемых статей
© Издательство «Новая техника», 2011-2015
© ИПУСС РАН, 2015
© СГАУ, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции ПЕРВЫЙ В СПИСКЕ МУДРЕЦОВ	133-134
В.А. Виттих ПРОЛЕГОМЭНЫ К ЭВЕРГЕТИКЕ	135-148
К. Стари, М. Нойбауэр, Ст. Оппл, Г. Вейчарт ОНТОЛОГИИ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ	149-178
А.С. Клещёв, Е.А. Шалфеева ОНТОЛОГИЯ ЗАДАЧ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	179-205
Т.Н. Соснина ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ПОСТУЛАТОВ ТЕОРИИ ПРЕДМЕТА ТРУДА	206-222
Л.В. Аршинский МЕТОДИКА АГРЕГИРОВАННОГО ОЦЕНИВАНИЯ СИСТЕМ С ПОДДЕРЖКОЙ КЛЮЧЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ	223-232
П.А. Ломов ПРИМЕНЕНИЕ ПАТТЕРНОВ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОНТОЛОГИЙ В РАМКАХ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ	233-245
НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ 2015 НАШИ ЮБИЛЯРЫ	246-247 248

CONTENT

From the Editors	
FIRST ON THE LIST WISE MEN	133-134
V.A. Vittikh	135-148
PROLEGOMENA TO EVERGETICS	
Ch. Stary, M. Neubauer, St. Oppl, G. Weichhart	149-178
STAKEHOLDER-CENTERED ONTOLOGIES FOR EDUCATIONAL DESIGNS	
A.S. Kleschey, E.A. Shalfeeva	179-205
AN ONTOLOGY OF INTELLECTUAL ACTIVITY TASKS	
T.N. Sosnina	206-222
ONTOLOGY OF DESIGNING IN THE CONTEXT OF THE LABOR'S SUBJECT THEORY POSTULATES	
L.V. Archinski	223-232
AGGREGATE METHOD OF ESTIMATING SYSTEMS WITH SUPPORT OF KEY COMPONENTS	
P.A. Lomov	233-245
APPLICATION OF ONTOLOGY DESIGN PATTERNS TO DEVELOPMENT AND USE OF ONTOLOGIES IN AN INTEGRATED KNOWLEDGE SPACE	
SCIENTIFIC CONFERENCE 2015	246-247
OUR ANNIVERSARIES	248



ПЕРВЫЙ В СПИСКЕ МУДРЕЦОВ

Философы являются одновременно и следствиями и причинами – следствиями социальных обстоятельств и причинами, определяющими политику последующих веков.

Бертран Рассел¹

Самое трудное — познать самого себя,
самое легкое — давать советы другим.

Фалес Милетский

**Дорогой наш читатель,
уважаемые авторы и члены редакционной коллегии!**

Мы продолжаем наш разговор о тех, кто внёс значительный вклад в сокровищницу человеческой цивилизации, в формирование нашего представления о мире, вспоминаем тех, кто оставил свой знаниевый след в памяти последующих поколений.



Сегодня это **Фалес Милетский** (ок. 625-547 до н.э.) - древнегреческий учёный, *первый в списке* «семи великих мудрецов», особо чтимых философов VII—VI веков до н. э. Имена в этом списке впервые были объявлены в Афинах ещё в 582 г. до н.э. Рейтингование, взвешивание, оценивание всего и вся - полезное и спорное занятие, которое имеет долгую историю. В ту пору ещё не был придуман критерий Хирша, никто не мог предугадать форму и значение импакт-фактора, не было перечня ВАК, отсутствовали на рынке Scopus & WoS, но наукометрия уже зарождалась. Первым результатом этой совсем ещё молодой науки и был список наидостоинейших мудрецов. В древних источниках известны различные списки имён, однако все они неизменно включали Фалеса Милетского, Солона Афинского, Бианта Приенского,

Питтака Митиленского. Причём Фалес во всех списках ставился на *первое место*. Семь мудрецов Платона составляли Фалес, Питтак, Биант, Солон, Клеобул, Мисон и Хилон. Этот список, приведённый в платоновском диалоге «Протагор», считается самым ранним из дошедших до нас списков мудрецов.

Фалеса считают основоположником греческой философии и науки. Созданная им милетская школа стала точкой отсчёта для истории европейской науки. Еще в V веке до нашей эры имя Фалеса было тождественно слову «мудрец», причём его мудрость трактовали и как абстрагированную созерцательность, и как практическую сметку. Именно с Фалеса, как считал Аристотель, началась история метафизики, именно Фалесу принадлежит заслуга формулировки двух главных проблем натурфилософии – начала и всеобщего, именно ему впервые пришла мысль о единстве мироздания. Эта идея, однажды родившись, никогда уже не умирает: она сообщалась его ученикам и ученикам его учеников¹.

Античные летописцы приписывали Фалесу первые достижения в области геометрии, астрономии и других наук. Аристотель называет его первым философом, сформулировавшим проблему материального первоначала всего сущего. Считается, что Фалес установил продолжительность года, определил время равноденствий и солнцестояний, объяснил, что

¹ Рассел, Б. История западной философии. Глава II. Милетская школа - <http://mathcenter.spb.ru/nikaan/phylo/rassel.pdf>

Солнце движется по отношению к звездам. По этой причине любой курс истории европейской философии - вплоть до нашего времени - начинается с изложения воззрений Фалеса².

Древние считали, что слава мудрецов в их высказываниях. Из немногочисленных сохранившихся высказываний Фалеса³ стоит отметить те, которые в метафорической и кратко талантливой форме воспроизводят его восприятие мира.

«Самое древнее — Божество, ибо оно не рождённое,
Самое прекрасное — мир, так как он — его творение,
Самое быстрое — ум, ведь он «оббегает» всё,
Самое большое — пространство, которое «обнимает» всё,
Самое сильное — необратимость, ибо она всему властелин,
Самое мудрое — время, потому что оно раскрывает всё».

Scopus TITLE EVALUATION TRACKING

Ontologia Proektirovaniya (2223-9537 / 2313-1039)

Submission Received
02-Dec-2014

Validated

Enrichment in progress

Enrichment completed

Ready to be released to CSAB

Under review by the CSAB

Review complete



На сайте Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России опубликовано письмо департамента аттестации научных и научно-педагогических работников Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 апреля 2015 года №13-1621, в котором департамент аттестации научных и научно-педагогических работников Минобрнауки России в связи с обращениями по формированию Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (далее – Перечень), сообщает:

«В настоящее время в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №793 от 25 июля 2014 г. ведётся работа по формированию Перечня. **30 июня 2015 г.** истекает срок действия текущей редакции Перечня российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней доктора и кандидата наук, размещенного на сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <http://vak.ed.gov.ru/ru/87>.»

Исполнительная редакция нашего журнала доводит до сведения своих уважаемых читателей и авторов, что она представила соответствующие документы в ВАК с целью войти в достойный список российских научных журналов.

Текущий результат процесса оценки нашего журнала в Scopus на май этого года показан на приведённом рисунке (почти за год из 7 шагов пройдено 4).

Эксперты Web of Science обещают завершить свою собственную оценку журнала в конце осени 2015 года.

Все вместе ждём позитивных результатов!

² Иван Рожанский. Расизм и древняя Греция // ВИЕТ. 1995. № 2. - http://krotov.info/libr_min/17_r/an/roz1995.html

³ Фалес Милетский - <http://svitki.net/fales-miletskij.html>

PROLEGOMENA TO EVERGETICS

V.A. Vittikh

*Institute for the Control of Complex Systems of Russian Academy of Sciences, Samara, Russia
vav1940@gmail.com*

Abstract

The article expounds prefatory remarks and explanatory essay (Prolegomena) to the Evergetics – a value- and subject-oriented science on management processes in the society. The Evergetics seeks reserves to improve management efficiency not in the modernization of an “impersonal” bureaucratic machine, but in the people, in every man, in the use of his intellectual and volitional resources. The man is considered there not as a “cog” of a value-invariant management mechanism, but as a person (actor), endowed with consciousness, who acts rationally and performs cognitive-activity-related functions together with other people to resolve any problem situations that arise in everyday life. These heterogeneous actors having their own subjective views of the world and value priorities, based on the Poincaré’s conventional concept of truth, which treats the truth as a result of an agreement, produce intersubjective knowledge, on the basis of which they make a collective decision on how to settle the situation. Perception of meaning of the situation by each heterogeneous actor happens at the level of individual consciousness. However, one person cannot constitute the whole variety of meanings of the situation, so this person receives from others what lacks in his own experience. Meaning-generating activity of people has an impact on all intersubjective community and, as a result, a common meaning-bearing space appears. A holonic approach is used in the Evergetics (on a “part–whole” principle) to build systems in contrast to the traditional causal approach (on a “cause–effect” principle). The article emphasizes strategic significance of the problem to transform the “Economic Man” to the “Man of Culture”.

Key words: *evergetics, management processes in the society, heterogeneous actor, everyday life, intersubjectivity, problem situation, phenomenology, holonic system, man of culture.*

Introduction

In the middle of the past century, N. Wiener formulated in his monograph “Cybernetics and Society” [1] (as it was stated in [2]) the principles of management organization in a cybernetic society, based on a large use of computer aids in all spheres of human activity, and set forth his view of the results of social life cybernation. We need to take care, he wrote, that “the new modalities are used for the benefit of man, for increasing his leisure and enriching his spiritual life, rather than merely for profits and the worship of the machine as a new brazen calf.” Wiener saw in the cyber society a developing society, which (in contrast to the society that supports the status quo) reserves a part of its resources for the development of future generations, because “the more we take from the world, the less we leave in it, and, eventually, we will have to pay our debts at the very moment that may be very unsuitable to ensure the continuation of our lives.”

In a society in which the automatic devices are involved in the processes of preparation and making decisions and “know” how to perform the functions entrusted to them, N. Wiener writes that there is one quality which is more important than “know-how”, this is “know-what” by which we determine not only how to accomplish our purposes, but what our purposes are to be. This selection of goals, objectives, criteria and limitations should be done not by a “machine à gouverner/controlling machine”, but by human beings, who, dependently of their value reference points, may use the achievements of the second industrial revolution “both for the good of the mankind and for its destruction”. “The hour is very late, and the choice of good and evil knocks at our door”, -

this sentence crowns the Chapter X of the monograph [1]. N. Wiener saw in this choice the major problem, the solution of which people try, as far as possible, to push “for later time”, “so long as we can continue to pretend that all is right with the world, we plug up our ears against the sound of ancestral voices prophesying war”. At the same time he hoped that “the roots of good will are there” despite the fact that “there are many dangers still ahead”.

However, the success of society cybernation was largely due not to the fact that “the world has become kinder”, but to the instrumental performance: the widespread use of Informatics and Computer science, often becoming an end in itself, came to the foreground. For example, a total computerization of schools does not mean that pupils, who have mastered to work with computers and obtained access to the Internet, have become more literate and well mannered. It should be recognized that “the worship of the machine as a new brazen calf” yet happened despite the warning of N. Wiener, and the man with his vital needs, spiritual requirements, aspirations for a safe existence and creative development, virtually dropped out of sight of the cybernetic systems creators, who were interested primarily in technical and economic performance of these systems, and only after that comes the so-called “human factor”, emphasizing rather “disturbing” role of the man in the processes of functioning of the developed systems [2].

Being translated from Greek as “art of helmsman”, the Cybernetics deals with “laying a course”, i.e., finding the most effective ways to achieve the goal, but doesn't raise the question of how this goal (and, consequently, the problem to be solved) is consistent with the moral, ethical, or some other kinds of values. The very goal is out of discussion. The cybernetic “helmsman”, thus getting the job, seeks, as far as possible, to optimally achieve the goal (let's say, by spending minimum of resources), but doesn't think about humanitarianly and socially significant consequences of the achievement thereof.

In other words, the Cybernetics, as well as classical science of management, using natural science methodology of knowledge, which excludes from consideration the man with his interests and value priorities, are “impersonal” value-neutral science (this refers to the social, general humanitarian values presented by morality, ethics, etc., since classical sciences, as we know, have their own specific value orientations associated with the search for objective truth). This means that it is difficult, almost impossible, to expect that decision-making in public life, carried out at this basis, will be focused on the prevention and settlement of social and humanitarian problems which are topical for the mankind: military threats, economic crises, environmental issues, fight against poverty etc. Attempts to formulate and solve such problems within narrow disciplinary (e.g. economic) models, as the history of mankind demonstrates, give no tangible results.

Therefore, there is a need in the development of a new value-oriented science of management processes in the society, which focuses on the man with his subjective perceptions of the world and search for answers to questions about the meaning and purpose of human existence. The papers [2] and [3] have proposed to call such a science as Evergetics (Greek's evergetics – benefactor), so the subject of this paper is devoted to expound prefatory remarks and explanatory essay (Prolegomena) thereto.

1 Methodological foundations of evergetics

The scientific revolution of the 17th century, marked by the birth of classical science, especially Newtonian mechanics, formed an ideal objective-true knowledge acquired by a value-invariant subject, distanced from the object of research and studying it “from outside”. In the 18th century, in the age of Enlightenment, the spread of mechanistic science led to its transformation into a mechanistic view of the world, accompanied by a “triumphant march” of rationalism, signifying the faith in the unlimited possibilities of the human mind. Social development became to be directly associated

with scientific progress. The scientific view of world, established by the time, became the basis of mass education, thus in the 19th century, science became to be considered as a productive force [4].

Impressive achievements of natural science became the reason that the methodology of the natural sciences began to be used in the construction of the social sciences. For example, C.H. Saint-Simon and A. Comte considered sociology as “social physics”, focused on the search for objective laws of society, similar to the laws of Newtonian mechanics [4]. In this case, the society becomes a kind of a “quasi natural” object, devoid of any manifestations of subjectivity, where the management processes acquire an objective character, just as the autopilot controls the flight of an aircraft without human intervention. But this “objectivist” approach does not meet the definition of a society that is a product of the mind and will of the people who compose it; Society cannot exist without people. It should be noted that E. Husserl in his work “Crisis of European Sciences and Transcendental Phenomenology” saw the root cause of the disease state of science just in the fact that the objective science has lost the man from the focus of attention [5].

Since classical science cannot serve as a model for the construction of the science of management processes in the society, i.e. Evergetics, it is necessary to apply to the postnonclassical scientific rationality, obliged by its birth to the global scientific revolution of the last third of the 20th century [6]. Unlike the natural sciences, the knowing subject is seen here not as distanced from the object being studied, but as being inside it; respectively, a human action is not something external. Postnonclassical type of rationality “takes into account the correlation of acquired knowledge about the object not only with peculiarity of means and operations of activities, but also with value-target structures”, and puts in the center of the research “unique, historically developing systems, which include the man himself as a special component thereof” [6]. Therefore, the ideal of a value-neutral research is transformed in the direction of inclusion of axiological (value) factors into the body of explanatory provisions.

Thus, it emerges a concept, important for Evergetics, of a heterogeneous actor, i.e. the person performing any activity-related functions, including cognitive ones, to transform the society, possessing intersubjective consciousness (corresponding to the fact of the existence of other actors), proper interests and a subjective scale of value preferences [7]. Every such actor, in his daily life, is able to perceive himself together with other actors to be in a problem situation. Under the problem situation, we mean a situation where an unsatisfactory state of affairs is already realized, but it is not yet clear what to do to change it [8]. These actors, being based on the Poincaré's conventional concept of truth, which treats the truth as a result of an agreement, produce intersubjective knowledge, on the basis of which a collective decision on how to resolve the situation will be then made. An ordered set of intersubjective knowledge is the basis of ad hoc theory of intersubjective management [7], addressed to a specific situation and developed by the actors themselves.

It should be emphasized one more feature of the methodology of Evergetics: if in classical science of management, the object of research and management is pre-given to the subject, i.e. is primary in relation to it, then, in Evergetics, everything begins from the man-actor, “constructing” the object in his mind, i.e. a situation about which he begins to seek, first of all, answers to the questions “why?” and “what?” to do for settling it, and only then – “how?” to do it. Thus, the organization (or rather, self-organization) of management processes begins by the formation of heterogeneous intersubjective community of actors, perceiving themselves to be in their common problem situation and willing to participate in its settlement, i.e. it is just in the Evergetics that a subject-oriented approach to management is developing [9].

2 Intersubjective communities of heterogeneous actors

Every man is constantly facing the need to solve some problems. Even in the condition where he has seemingly got rid of all the problems, the man is still concerned about the need to preserve this condition. The individual resolves a part of the problems on its own, but, to solve some of the problems, usually the most difficult and time-consuming, he is forced to look for a partner. As a result, explorations and negotiations lead to form an intersubjective community of homogeneous actors, i.e. the people with subjective interests and values, but united by their awareness of belonging to a common problem situation, which they want to settle jointly performing cognitive functions and activities.

Intersubjective community is an aggregate of individuals who have, following [10], “a common understanding, what, within this aggregate, belongs to the public life sphere, and what belongs to the private one”. Community, with its “soft”, poorly formalized relationships between the people, distinguishing only “mine” and “ours”, is being formed in their everyday life, but it is far to be a system where the “elements” are fixed and the links between them are formalized. From this point of view, the man exists simultaneously in the life-world and in the system world.

The concept of “life-world” introduced by E. Husserl is defined as an actuality where the man has been living initially; it is his inalienable reality. The life-world has a subjective-relative nature, wherein all the realities are attributed to the man, and this matter doesn't belong to the natural science, but to the phenomenology [5]. E. Husserl explains that, for example, the historical life-world of the Greeks is “not an objective world in our sense, but it is their notion of the world, i.e. their own subjective meaningfulness of all the realities, having a value for them, for example, with gods, demons, etc” [4]. In the A. Schütz's Phenomenological Sociology, the notion of the “life-world” is considered as an intersubjective everyday world, as a world of daily life [11].

In the system world, the actors are transformed in any depersonalized “elements” that are in a fixed relationship to each other. In contrast to communicatively structured life-world, which is a sphere of private and public life, the system world, including subsystems of economics and politics, is formally organized [12]. Despite the fact that the modern societies, built on democratic principles, assert the primacy of the life-world over the economic and authoritative subsystems, according to J. Habermas, on the contrary, “a colonization of the life-world is happening: the imperatives of autonomous subsystems, having thrown off ideological veils, conquer, like colonialists coming to a primitive society, the life-world from outside and impose assimilation process to it” [12].

There is a widespread belief that “initially unorganized” life-world (everyday life) needs constant ordering through the creation and practical application of a wide variety of control systems. If some problem appears in people's lives, a management structure is consequently created, which should deal with its settlement. By that time, the problem has already disappeared, but the structure still remains. Moreover, a management structure is often created “for people” who “need” to have jobs in “the power”. All this entails an increase in the size and reduce the effectiveness of the administrative apparatus. Systems “colonize” the life-world.

And if speaking of classical management science, it deals with the management processes just in the system world, where everything comes down to design, development, modernization and use of systems [13]. From the middle of the last century until the present day, a systems approach is considered as widely accepted methodological techniques that not only causes, but cannot cause any doubts about the usefulness and high effectiveness of such application thereof. And this, of course, is true, but as long as the system world doesn't lose connection with the life-world. If the system world is closed on itself and develops in the interest of the systems themselves, it doesn't mean at all that society and the people who make it up will be gainer.

For example, systems analysts can improve the system of railway traffic control in terms to save certain resources, which will result in some “system effect” in interest of the railway adminis-

tration. But it can cause significant inconvenience to passengers who have built their life-world reckoning on the existing, non-upgraded scheme of passenger traffic.

In the system world, the “projections” of people act on functions, positions, powers and interaction mechanisms, inherent to this or that system, as long as a living man from the life-world is aware of his belonging to the system, sharing its “rules of the game”. The system is treated by him through the “prism” of accepted theoretical provisions, methodical materials, instructions, used tools, models and so on, which forms the basis for the formalization and modernization of management processes, ultimately, to improve the efficiency of the system. All this corresponds to Weber's doctrine of formal (instrumental) rationality, his depersonalized “ideal bureaucracy”. In other words, the system world integrates with instrumental rationality (in contrast to communicatively rational life-world which opposes against cognitive-instrumental narrowing of mind) [12].

In contrast to the classical management science, Evergetics deals with heterogeneous actors forming intersubjective community in everyday life. Thus, each actor, as said above, is at the same time an investigator and a person participating in decision-making, which means that a scientist who studies management processes in the society and who is also an actor, “loses the privileged position of an absolute observer and acts only as a partaker in social life on an equal basis with others”, therefore, a number of scientists (including J. Habermas and A. Giddens) “substantiate the idea of re-examination of the social status of science and of the new concept of cognizing subject, to return the language of science “home”, in everyday life” [4].

Also, the activist sociology [14] “presupposes a social activity of both professionals and ordinary citizens involved in the transformation of social structures”, and consciousness of “the importance to own local and/or situational knowledge, of the need for vision problems “from below” in a specific social and cultural context” And, according to the A. Giddens's sociological concept, every member of society is always a “practicing social theorist” [15].

Evergetics, thus, proceeds from the thesis that knowledge of the problem situation in everyday life is acquired and systematized by the actors themselves being aware to be “inside” of this situation and having organized themselves in the intersubjective community.

It should be noted that “the problems and topics of everyday life (daily life of people) are generally ignored and slighted as lying outside the scientific disciplinarity ... Meanings, shared “by everybody” in everyday situations, form the world of primary typified (anonymized) meanings, operation by which allows to combine the perspectives of figures (actors) acting as “ordinary sociologists” ... Beyond of (primary) world of everyday life, there are (secondary) fields of professionalized “ultimate semantic spheres”, the values of which are accessible in full only for those figures (actors) who are specialized in these spheres and are involved therein, but “opaque” for the “uninitiated” [16].

In other words, everyday life is considered as a primary “undifferentiated integrity”, and narrow, divided among themselves, professional spheres of activity - as a secondary one [17]. Accordingly, heterogeneous actors originally “immerse” in a life problem situation, form intersubjective community and seek to understand the meaning of the situation, acting as ordinary people with all their subjective peculiarities, intellectual potentialities and ideas about values. However, these “everyday researchers” work out in common intersubjective knowledge about the current situation, on the basis of which the decisions are made about what tasks need to be achieved for its settlement. After that, the “world system” enters into work, where narrow professionals begin to operate, but the same actors from the “world of everyday life” may act in this quality, too.

3 Meaning of the problem situation

The man in the social life is always in some situations. As suggested by Jean-Paul Sartre, “the situation - it is my position in the world, defined by relationships of usability and resistibility of those realities that surround me ... The structure of the situation is composed of “my place”, “my body”, “my past”, “my position relative to others” and “my fundamental attitude to the other” [5]. The situation is seen as a problem if I'm not satisfied by something in it and I have no methods and no means to change it. Then, first of all, it is necessary to constitute the meaning of the problem situation (“to constitute” means an intentional, i.e. directed at an object, meaning-forming activity [11]). The representative of the phenomenological trend in philosophy of the 20th century, Maurice Merleau-Ponty recognized “creation of meaning as a fundamental feature of the Being and of the human existence” [4].

Perception of meaning of the situation by each heterogeneous actor happens in its own way, at the level of individual consciousness. However, one person cannot constitute the whole variety of meanings of the situation, so this person receives from others what lacks in his own experience. Meaning-generating activity of people has an impact on the whole intersubjective community in which the man exists, and, as a result, a common meaning-bearing space appears. Participants of the situation, thus, endow meanings to the objects of the situation, giving them the status of values, rather than considering them as physical objects.

A city is given in [18] as an example of an intersubjective meaning space. Urban environment depends on meaning-setting acts of people who live in it. And this environment bears primarily a cultural, rather than physical, character: urban objects – buildings, streets, monuments – have value status, the people give them meanings. Value status of these objects occurs at the intersection of perceptions by different people. City exists as a city, i.e. as a kind of internal, meaningful space, only for its inhabitants. A man from another town will perceive it as a simple set of physical objects.

In other words, the man distinguishes the object itself (the “thing”) and the notion of it (the concept of the “thing” as a part of knowledge), but the “thing” and the “notion” are as if “transfused” into each other in the same content of consciousness: that's why, for example, Moon and notion of the Moon cannot be strictly separated from each other [5]. Such a consideration of the physical world and the consciousness of an individual as interrelated parts of a single is a characteristic feature of the phenomenology of E. Husserl [19], which is based on the proposition that “every originally given contemplation is a true source of cognition” [4].

Phenomenology proceeds from the principle of premise-free cognition, according to which the cognizing subject must be protected from any outside introduced assumptions. However, according to E. Husserl, “intellectual tradition of European mentality, a habit to look at the world through the glasses of theories, leads to the fact that this transformation of sensual into numerical remains unnoticed ... The science puts the world in the “dress of ideas”, in the so-called “dress of objective truths”. And we take for a true being what is created by “dress of ideas”, products of method - for a living reality” [5]. The above said applies equally to the management science processes in the society where, up to now, there is a domination of the principles of classical rationality, mechanically transferred from the natural sciences. The subject here is distancing itself from the object, holding the position of a detached observer; the subject, for getting “an objectively true” knowledge, explores the object through the “prism” of one or another theory, builds mathematical models, after having experimented therewith, makes decisions on control impacts on the object.

Evergetics opposes a phenomenological approach to such a single-minded focus and a deformed vision of the object-situation by the “torn out” subject [20]: a man-actor, not burdened by various limitations and assumptions, i.e. “from scratch, from tabula rasa”, considers the situation from “inside” as an integrity and constitutes its meaning in view of meaning-forming activities of

other actors also perceiving themselves in this situation and having formed an intersubjective community. Then, the notion itself of “meaning” must be considered in relation to the actor, who is the subject of activity. The meaning becomes a value and characteristics of usefulness of the object for a person, and the meaning is acquired in relation to specific life situations, which is estimated as indefinite due to multiple competing options.

Such an approach was developed by V. Frankl [21], who considered the human desire to find the meaning as an innate motivational tendency inherent in all the people and being the main engine of behavior and personality development. He wrote that the perception of the meaning is “the awareness of opportunities in the background of reality, or, more simply, the awareness of what can be done with respect to this situation”. A. Längle specified [22]: “That opportunity, which we distinguish by its value and significance as the best in the circumstances, which bears in itself the fullness of vital existence, is just the meaning of the current moment... The meaning - it is always a realistic path, appropriate to the circumstances ... The meaning in the existential sense is a function of two variables: both each time changing conditions, i.e. opportunities of absolutely determined circumstances, - and properties, abilities, talents of the man who finds himself to be in those circumstances... What is significant for us is meaningful... What we do not care is meaningless”.

For example, a problem situation may consist in the fact that a man needs to get to the other side of the river. The situation gives him three options: wait for the arrival of the ferry, walk a few kilometers on foot to the bridge and then cross the river on it, and finally, swim the river across. If the man is not very well, and he has the time to wait, then it would make sense to use the ferry. In the case where time is limited, and he cannot cross the river on his own, it would make sense for the man to overcome walking the distance to the bridge and then to use it for crossing the river to the other side. For a good swimmer, it is a direct sense to swim across the river.

The situation will be essentially complicated, if we assume that there are several persons in this problem situation, and all of them are bound by a restriction: they have to overcome the river together, using a single, common to them all, method of crossing. Then, for them, it can make sense only one of the three options offered by the situation, despite the fact that, initially, each participant of river crossing has seen his own subjective sense in this situation. In order to reach such an agreement, they must undertake complex multilateral negotiations using mutual persuasion, and to find a consensus, having overcome irrationality which is so inherent to the people with its primacy of feelings over reason. Therefore, mutual understanding within a human community assumes its “rationalization” through creating by the members of this community an “integration platform of knowledge” shared by everybody, upon which they could, within a reasonable time, i.e. in the rate of situation development, make concerted decisions concerning the method to settle the current problem situation. In the Evergetics, the theory of intersubjective management performs the role of such a platform [7].

4 Theory of intersubjective management

Classical scientific theories accumulate objectively true knowledge acquired by scientists who research object as outside observers; everything being “subjectively colored” is not included in the theory. An approach to the study of management processes in society, implemented in this article on the principles of postnonclassical scientific rationality, leads to the need to review traditional ideas about the notion of “theory”, which will require to use the concept of conventional truth of A. Poincaré, which treats the truth as a result of agreement [4].

Heterogeneous actors, identifying themselves in a problem situation, communicate with each other, united by the desire to make a decision acceptable to everybody concerning the way to settle the situation. Each of them is based on the subjective knowledge which is for him significant and

“true” (relatively true). However, intersubjective consciousness enables them to jointly develop intersubjective knowledge, i.e. the knowledge that, being applied to this situation, is recognized as true by a limited number of actors as a result of their agreement. Intersubjective knowledge, being conventionally true, includes the results of the actors' agreements, on the basis of what principles, rules and regulations, the decisions about how to manage the situation will be made. These arrangements can be achieved by actors within the framework of the following types of intersubjectivity proposed in [23].

Semantic intersubjectivity implies clarity and common consent in regard to the notions and opinions constructed therefrom, i.e. they are understood equally by everybody and may therefore be used in the same manner.

Empirical intersubjectivity implies that the statements, based on empirical evidence, are taken as rationally justified. At that, the facts should be clearly understood, they must be acceptable and recognized by someone, i.e. the opinions, well-founded by facts and observations, are recognized to be necessary.

Logical intersubjectivity considers as rationally justified such statements, which are the result of logical inference. At that, intelligibility, clarity and overall acceptability are also assumed.

Operational intersubjectivity proceeds from the reproducibility of action and reasoning samples. It is assumed that a certain sequence of actions, always clear and acceptable without fail, is based on this sample. Individual elements of this technology and their sequence, constituting this sample, are clearly understood without alternative by everybody and, in principle, can be reproduced in the same form.

Normative intersubjectivity assumes a common acceptance of norms, rules of behavior and evaluation. If an activity is governed by norms, it is also considered as a rational basis. Although the norm is simultaneously a guide to action, and, in an operational sense, doesn't differ often from this last, but still the word “norm” is usually associated with certain value preferences.

In the conventionally true intersubjective knowledge, shared by all the actors who are aware of themselves in their common situation, thus, mutual understanding of heterogeneous actors is laid, since it is assumed that, as a result of negotiations, they must reach agreements on all the positions of five types of intersubjectivity. The whole body of knowledge, which, incidentally, may be represented by ontologies, may be considered as a “core” ad hoc of the theory of intersubjective management [7].

According to the theory of intersubjective management, the actors, should first make coordinated decisions on what tasks they need to put and achieve for settling the situation, i.e., to answer the eternal questions of “why?” and “what” to do. Due to different value preferences, they may have, because of it, differences and even conflicts. For the sake of being able to reach a consensus under these conditions, the heterogeneous actors should be in solidarity. Besides, solidarity, in the philosophy of R. Rorty, is the turn of mind (opposed to the traditional objectivity) to unite various points of view not on the platform of identity, but in the context of their differences. These differences, according to R. Rorty, provoke no world outlook conflicts, but create conditions for a free choice. No one among the positions united on the foundation of solidarity pretends to the status to be sole, and that distinguishes principally this approach from the classical rationality, based on the idea of possibility and accessibility of only one sole right decision. R. Rorty denies the need in a semantic centre, supposing that the social hope is called to be supported not by “objectivity” but by “solidarity” [24].

Thus, the theory of intersubjective management, created ad hoc by heterogeneous solidary actors, being in a problem situation, includes intersubjective knowledge acquired by the actors and related specifically to the situation in everyday life, as well as the consequences resulting from multilateral negotiations of the actors, where the tasks (together with criteria and restrictions) which

must be achieved for settling the situation, are stated. In other words, the theory of intersubjective control is created in the world of everyday-life. This fact is extremely important, because in human society, the problems to be solved in the systems world should be “scooped” from the life-world, from the everyday-life.

5 Holonic systems

In order to solve the problems, the actors must mobilize available resources and get associated in systems, in which (in contrast to intersubjective communities) the composition of the elements is already defined and the relationship between them is regulated. Organization of systems may take place in different ways. Causal (cause-effect) organizing principle, used in bureaucratic systems, implies that the output result (effect) of a functional element is an input (cause) for the other. Such causal representations are successfully used in the construction of models of technical systems (machines, mechanisms, technological processes, automatic control systems, etc.), but are practically unacceptable in the processes to govern the society. To say more precisely, it is possible, but only in the case when a man performs a function ascribed rigidly to him, being reduced to a machine to convert the “input” to the “output”. It may be an implementation of any instructions or a mechanical operation, achievement of a task under a given algorithm and input data, etc. In other words, the man is represented here as a “cog” in the bureaucratic machine. Therefore, the Evergetics, which consider the man as an integrity which is capable to perform cognitive activity-related functions and to interact with other integrities, must use the principle of “part-whole” as a basic principle of the systems composition [7].

“Building blocks” of such systems is a holon (from the Greek “holos” - the whole, entire - with the suffix “on”, indicating a part, a particle) - a notion introduced by Arthur Koestler [25]. Holon is defined as a whole being a part of another whole, which includes components for processing, transporting and storing physical objects (substance, energy) and information. In holonic system, a holon is considered as an autonomous self-governing integrity, able to combine (integrate) with other holons in the constituent holons and, conversely, to decay (disintegrate). In contrast to the causal organization in which one element affects the other, holonic organization involves interaction between the elements. As an example, let us adduce holonic organization of a federal state.

Individuals (“atomic” holons) are combined in “family” holons, which form another integrity – “settlement”. Settlements are organized in “municipality” holons, composing, in turn, “subject of the federation”. Finally, the subjects of the federation form a “state” holon. Each of these holons is sufficiently autonomous and is not a structural subdivision of a “superior body” holon. Nevertheless, they are able to agree on any joint activities and investment of resources in a common cause, if it seems meaningful to all holons (eg, construction of roads passing through the village, through the municipality and through the subject of the federation).

Holonic system is not rigidly fixed as a set of “forever given” elements and instructively described relationship between them, but is “cultivated” - let's emphasize this – “from bottom to top”, on the basis of lowerarchy [26], when the “lower” elements are the source of resources and power for the “higher”, in the contrast to a hierarchical organization “from top to bottom”, based on dictates of the supreme power. For example, suppose that there are three holons, each of which includes an actor and tools for his activity. One specializes in the repair of electrical equipment, other - in plumbing, and the third - in household appliances. Working independently, they have found that they spend a lot of time searching for orders. The idea occurs to associate them in a constituent holon, and a new actor, hired on the mentioned below terms, should undertake administrative issues and search for orders.

His salary will depend on how much money will bring in a “common pot” the electrician, the plumber and the repair mechanic, and they, in turn, agree to fulfill with high quality all the orders that their new “boss” will bring, to whom they have given commanding authority and financial resources. If he will work badly and, accordingly, number of orders will be not enough; his employers may make collectively a decision to dismiss him. In this example, where the intellectual resources of the actors are used in the management process, a “holonic structure” and “lowerarchy” are in function.

Bureaucratic organization is built on the causal principles and hierarchy. Here, everything begins not from the man, but from the structure, where a “function” and instructions for its implementation are prepared for each man, and a “boss” on the top of the hierarchy is endowed “from the top” with all the resources and powers. He hires “depersonalized” functionaries for his staff, passes them, on his discretion, some of these resources and powers, sets benchmarks for their activities and requires execution. Such a manager is under the control of his superiors only, who, by virtue of “corporate solidarity”, will try to support him even when things in the organization will go really bad.

Value- and subject-oriented Evergetics, of course, should have in its arsenal the methods and means to build holonic systems, which open the opportunity to use intellectual and volitional resources of the people in the management processes in society. And if the Weber's “ideal bureaucracy” postulated disregard of personal qualities, the Evergetics, on the contrary, highlights the worldview issues. Would the decision-making be aimed “to the good” could the intensity of confrontation in the society be reduced, would the slogan “the end justifies the means” be cultivated no longer, etc. - the answers to these and other similar questions shall be defined precisely by what a man thinks, what are his value priorities, whether he is able to be flexible in discussing some controversial provisions in the “dialogue of cultures”. In the Evergetics, the opportunity and the need for worldview discussions, where interests and standpoints of the homogeneous actors are conflicting, lie at the very initial stage, when the actors begin to produce intersubjective knowledge and discuss alternative options to find the way out of the problem situation in which they perceive themselves.

6 The man of culture

The “Economic Man” who appeared on the stage of history in the 18th century, may be called the first actor, acting for personal economic interests, but who, through the “invisible hand” of the market is involved in the welfare of all the nation. The concept of economic man, homo economicus, as is known, was developed by Adam Smith as the concept of an ideal type of the rational economic actor. While working for himself, the actor is simultaneously working for society. Such a mechanism of personal and public interests coordination will be called later by Kant “automaton” that provides “pathologically forced consent” in society by putting the task of humanizing it, turning it into a “moral”. He will consider the movement in this direction as the main objective of the whole history of the mankind, which will always strive to approach it, but not having a chance to fully achieve it [26].

Karl Polanyi was the first, who aimed “to create theoretical basis for an ideal social order where the man is the core value” [27]. Polanyi proceeded from the fact that people interact with each other on the grounds of three principles: gift exchange (reciprocity), centralized redistribution and market. So, if market relationships involve mutual calculation of benefits and costs, the gifts exchange is performed without warranty of cost recovery in the future (we can only talk about expectations for any possible response actions). Nevertheless, as Polanyi believed, the market system, for its satisfactory operation, requires compliance with cultural (non-market) factors - honesty, industry, re-

sponsibility, trust of partners, etc. The very same market system destroys these signs of culture, inherited from its previous socio-economic structures, contributing to instability of society. Therefore, K. Polanyi saw the ability to provide humane existence of mankind in the “cultural revolution, allowing to subordinate the economy to the human community” [27].

At the present time, the culture is considered as a “system of historically developing over-biological programs of human vital functions (activities, behavior and communication), providing reproduction and change of social life in all its major manifestations” [4]. In such a broad understanding, the culture includes morals, manners and customs, oral and writing language, science, technology, art, economy, statement of education, religion, socio-political organization of the society, etc. [28]. The culture not only preserves and transmits social experience, passing it from generation to generation, but also “generates new programs of activity, behavior and communication which, being realized in appropriate types and forms of human activity, generate actual variations in the life of society” [4].

The man, being a creature of culture, is, at the same time, its creator. He becomes a personality only through assimilation of social experience transmitted in the culture, but the man is able to invent new concepts and products of culture, which may match social needs. In this case, they are included into the culture and begin to program the activity of other people. An individual experience turns into a social one, so, new conditions and the phenomena appear in the culture, fixing this experience [24]. Therefore, a man who not only adheres to cultural norms, accepted in the society, (what “the cultured man” makes), but also is involved in the creation of new concepts and products of culture, may be called “the man of culture”.

The man of culture is a key figure in the developing society which is situated “beyond socialism and capitalism” [26]. After all, more dynamic is a society; more value acquires the level of cultural creativity, addressed to the future [24]. In such society, each man of culture should aspire to augment personal cultural heritage made by him (and not to a simple personal enrichment) and, as consequence, to increase cultural potential of the society as a whole (and not only “the wealth of nations”) with the help of “an invisible hand of culture”.

The last thesis, essentially, is a modified classic formula of Adam Smith, which works in the modern world, too, “where the result and purpose of economic life are flows of goods and services, consumed by all”, although in the “Wealth of Nations”, he “turned to his epoch, expounding, in this work, the doctrine, which should help in governing the Empire” [29]. If we look far enough ahead, we can see an increasing role of culture (in a broad sense) in society, which is manifested, in particular, in the forms of innovative activity in practically all spheres of human life. This means that the survival society is being gradually transformed into a developing society, and the “Economic Man” - into the “Man of Culture” [2].

Conclusion

The main feature of the Evergetics as a value- and subject-oriented science is the inclusion of heterogeneous actors in the management processes, who perceive themselves to be in a common problem situation which is considered as a primary nonpartitionable integrity. Actors, having their own subjective views of the world and value priorities, develop intersubjective knowledge of the situation on the basis of which, using the debate and mutual persuasion, make joint coordinated decisions about what tasks need to be achieved for settling the situation, thus answering the question “why?” and “what?” to do. Classical value-invariant management science doesn't put such questions, but it brings into focus the search of answers to the question “how?” to better achieve the task that someone has put. Therefore, the Evergetics proceeds from the fact that at this early stage, “the

birth of ideas” regarding alternative ways out of this situation lays the success of the cause, since a high price shall be paid for the idea “launched” in a wrong direction.

Methods and tools of the Evergetics, created by scientists and experts, should be appropriately focused on the effective use of intellectual and volitional resources of the people - actors, ensuring the achievement of mutual understanding among them and consensus. We are not talking about the identity of outlook and like-mindedness, but about the solidarity of heterogeneous actors, based on the concept of conventional truth of A. Poincaré and achieving consent within the five types of intersubjectivity of K. Hübner. Thus, the professionals create the methodology of Evergetics, and the actors use the developed methods and tools to acquire intersubjective knowledge and to control the situation, playing the role of “applied social theorists”.

Appearance of the man, with his complex of social and humanitarian problems, in the spotlight of Evergetics renders interdisciplinary this science, since social, economic, psychological, pedagogical and many other issues are brought to the forefront. However, the problem of transformation of the “Economic Man” in the “Man of Culture” should be recognized strategically important.

References

- [1] *Wiener, N.* Kibernetika i obschestvo [Cybernetics and Society] / N. Wiener. - M.: Foreign Literature Publishing House, 1958. - 200 p. (In Russian).
- [2] *Vittikh, V.A.* Evolution of Ideas on Management Processes in the Society: From Cybernetics to Evergetics / V.A. Vittikh // Group Decision and Negotiation. - <http://link.springer.com/article/10.1007/s10726-014-9414-6/fulltext.html> - Published online: 14 September 2014.
- [3] *Vittikh, V.A.* Problemy Evergetiki [Problems of Evergetics] / V.A. Vittikh // Problemy upravleniya. 2014. No. 4. P. 69-71. (In Russian).
- [4] Novaya filosofskaya enciklopediya [New Philosophical Encyclopedia] (in four volumes). – M.: Mysl, 2010. (In Russian).
- [5] *Zotov, A.F.* Sovremennaya zapadnaya filosofiya [Contemporary Western Philosophy] / A.F. Zotov. – M.: Prospekt, 2010. – 608 p. (In Russian).
- [6] *Stepin, V.S.* Filosofiya nauki i tehniki [Philosophy of Science and Technology] / V.S. Stepin., V.G. Gorokhov, M.A. Rozov. – M.: Gardarika, 1996. - 400 p. (In Russian).
- [7] *Vittikh, V.A.* Introduction to the Theory of Intersubjective Management / V.A. Vittikh // Group Decision and Negotiation. 2015. Vol. 24. Issue 1. P. 67-95. - <http://link.springer.com/article/10.1007/s10726-014-9380-z/fulltext.html> - Open Access Date: 09 March, 2014.
- [8] *Novikov, A.M.* Metodologiya [Methodology] / A.M. Novikov, D.A. Novikov. - M.: SINTEG, 2007. – 668 p. (In Russian).
- [9] *Lepsky, V.E.* Sub’ektivno-orientirovannyi podchod k innovatsionnomu razvitiyu [Subject-oriented Approach to Innovative Development] / V.E. Lepsky. - M.: “Kogito-Tsentr” Publishing House, 2009. - 208 p. (In Russian).
- [10] *Kukathas, C.* Liberal’nyi archipelag: teoriya raznoobraziya i svobody [The Liberal Archipelago: A Theory of Diversity and Freedom] / C. Kukathas. - M.: Mysl, 2011. - 482 p. (In Russian).
- [11] Slovar’ filosofskikh terminov [Dictionary of Philosophical Terms]. - M.: INFRA, 2004. - 731 p. (In Russian).
- [12] *Habermas, J.* Otnosheniya mezhdru sistemoi i zhiznennym mirom v usloviyakh pozdnego kapitalizma [The Relationship between the System and Life-World in the Conditions of Late Capitalism] / J. Habermas // Thesis. 1993. Issue 2. P. 123-136. (In Russian).
- [13] *Johnson, R.A.* The Theory and Management of Systems (second edition) / R.A. Johnson, F.E. Kast, J.E. Rosenzweig. – N.Y.: McGraw Hill Book Company, 1967. (Translation into Russian: M.: Sovetskoye radio, 1971.- 648 p.).
- [14] *Yanitsky, O.N.* Professional kak social’nyi actor: sluchayi ili pravilo? [A Professional as Social Actor: Occasion or Rule?] / O.N. Yanitsky // Vestnik instituta sotsiologii. 2012. No. 5. P. 43-60. (In Russian).
- [15] *Klimov, I.A.* Sociologicheskaya koncepciya Anthony Giddens’a [Sociological concept of Anthony Giddens] / I.A. Klimov. - <http://www.nir.ru/sj/sj/sj1-2-00klim.html> - (In Russian).
- [16] Noveishiyi sociologicheskii slovar’ [Newest Sociological Dictionary]. – Minsk: Knizhny dom, 2010. – 1312 p.
- [17] *Vittikh, V.A.* Heterogeneous Actor and Everyday Life as Key Concepts of Evergetics / V.A. Vittikh // Group Decision and Negotiation. - <http://link.springer.com/article/10.1007/s10726-014-9423-5/fulltext.html> - Published online: 29 November 2014.

- [18] **Frolov, A.V.** Fenomenologicheskaya teoriya intersub'ektivnosti kak metodologicheskaya osnova issledovaniya gorodskogo hozyastva [The Phenomenological Theory of Intersubjectivity as a Methodological Basis for the Study of Municipal Services] / A.V. Frolov // Scientific conference "Edmund Husserl. On the 150th Anniversary of the Birth of the Philosopher" (Reports). RAS Institute of Philosophy. - <http://iph.ras.ru/page52532624.html> - (In Russian).
- [19] **Stivenson, J.** Filosofiya [Philosophy] / J. Stivenson. – M.: AST Astrel, 2007. – 294 p. (In Russian).
- [20] **Vittikh, V.A.** Fenomenologicheskii podchod k postroeniyu teorii upravleniya obschestvom [Phenomenological Approach to the Construction of the Theory of Social Management] / V.A. Vittikh // Proc. of XII All-Russian Conference on Management Problems. (June 16-19 2014, Moscow, Russia). – M.: IPU RAN, 2014. – P. 6182-6186. (In Russian).
- [21] **Frankl, V.** Chelovek v poiskakh smysla [Man's Search for Meaning] / V. Frankl. - M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. – 366 p. (In Russian).
- [22] **Längle, A.** Zhizn', napolnennaya smyslom. Logoterapiya kak sredstvo okazaniya pomoschi v zhizni [Life Full of Meaning. Logotherapy as Means of Assisting in Life] / A. Längle. – M.: Genesis, 2014. – 144 p. (In Russian).
- [23] **Hübner, K.** Istina mifa [The Truth of the Myth] / K. Hübner. - M.: Respublika, 1996. – 448 p. (In Russian).
- [24] Vsemirnaya encyklopediya: Filosofiya [World Encyclopedia: Philosophy]. – M.: AST, Minsk: Harvest, Sovremenny Literator, 2001. – 1312 p. (In Russian).
- [25] **Koestler, A.** The Ghost in the Machine / A. Koestler. – London: Arcana Books, 1989. – 384 p.
- [26] **Ackoff, R.L.** Za predelami socializma i kapitalizma: razvivayusheesya obschestvo [Beyond Socialism and Capitalism: Developing Society] / R.L. Ackoff // Problemy upravleniya v socialnykh sistemakh. 2009. Vol. 1. Issue 1. – P. 112-140. (In Russian).
- [27] **Rozinskaya, N.A.** Vvedenie. Trudy i dni Karla Polan'i (1886-1964) [Introduction. Works and Days of Karl Polanyi (1886-1964)] / N.A. Rozinskaya, Yu.V. Latov // In the book: "The Great Transformation" of Karl Polanyi: Past, Present and Future / Ed.: R.M. Nureyev. - M.: State University-HSE, 2007. - P. 11-21. (In Russian).
- [28] Filosofskiy enciklopedicheskiy slovar' [Philosophical Encyclopedic Dictionary]. – M.: INFRA-M, 1997. – 576 p. (In Russian).
- [29] **Heilbroner, R.L.** Filosofiy ot mira sego [Philosophers of this World] / R.L. Heilbroner. - M.: Astrel, CORPUS, 2011. - 432 p. (In Russian).

ПРОЛЕГОМЕНЫ К ЭВЕРГЕТИКЕ

В.А. Виттих

*Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия
vav1940@gmail.com*

Аннотация

Излагаются предварительные замечания и разъясняющее введение (пролегомены) к эвергетике – ценностно- и субъектно-ориентированной науке о процессах управления в обществе. Резервы повышения эффективности управления эвергетика ищет не в модернизации «обезличенной» бюрократической машины, а в самих людях, в каждом человеке, в использовании его интеллектуальных и волевых ресурсов. Человек рассматривается в ней не как «винтик» ценностно-инвариантного управленческого механизма, а как личность (актор), наделённая сознанием, действующая рационально и выполняющая познавательные–деятельностные функции вместе с другими людьми по урегулированию проблемных ситуаций, возникающих в повседневной жизни. Эти неоднородные акторы, имеющие свои субъективные взгляды на мир и ценностные приоритеты, опираясь на концепцию конвенциональной истины А. Пуанкаре, трактующую истину как результат соглашения, вырабатывают intersubъективные знания, на основе которых принимают совместные решения о том, какие задачи нужно решать для урегулирования ситуации. Постигание смысла ситуации у каждого неоднородного актора происходит на уровне индивидуального сознания. Однако один человек не в состоянии конституировать всё многообразие смыслов ситуации, поэтому он воспринимает от других то, чего не достаёт в его собственном опыте. Смыслорождающая деятельность людей оказывает влияние на всё intersubъективное сообщество, в результате чего образуется общее смысловое пространство. В эвергетике используется холонический подход (по принципу «часть–целое») к построению систем в отличие от традиционного каузального (по принципу «причина–следствие»). В

статье подчёркивается стратегическая значимость проблемы трансформации «экономического человека» в «человека культуры».

Ключевые слова: эвергетика, управление процессами в обществе, гетерогенный актор, повседневность, интересубъективность, проблемная ситуация, феноменология, холоническая система, человек культуры.

Сведения об авторе



Виттих Владимир Андреевич, 1940 г. рождения. Окончил Куйбышевский индустриальный институт (ныне Самарский государственный технический университет) в 1962 г., д.т.н. (1976), профессор (1976). Научный советник Института проблем управления сложными системами РАН, заведующий кафедрой инженерии знаний Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, член Научного совета Российской академии наук по теории управляемых процессов и автоматизации. В списке научных трудов более 280 работ (в том числе 5 монографий) по проблемам управления и моделирования в сложных системах.

Vladimir Andreevich Vittikh (b. 1940) graduated from Kuybyshev Industrial Institute (at present Samara State Technical University) in 1962, D.Sc.Eng. (1976), professor (1976). Scientific counselor of the Institute for the Control of Complex Systems of RAS, Head of the know-

ledge engineering department at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics, member of the scientific council on the theory of the controlled processes and the automation of the RAS. He is the author (co-author) of more than 280 publications (among them 5 monographs) deals with the complex systems, control, management and modeling problems.

STAKEHOLDER-CENTERED ONTOLOGIES FOR EDUCATIONAL DESIGNS

Ch. Stary^{1,a}, M. Neubauer^{1,b}, St. Oppl^{1,c}, G. Weichhart²

¹Department of Business Information Systems – Communications Engineering, Johannes Kepler University Linz, Austria, www.ce.jku.at, ^aChristian.Stary@jku.at, ^bMatthias.Neubauer@jku.at, ^cStefan.Oppl@jku.at

²Profactor GmbH, Steyr, Austria, www.profactor.at, Georg.Weichhart@profactor.at

Abstract

E-Learning and Knowledge Management environments are increasingly becoming highly interactive and content-rich. They encapsulate social, cognitive, and technological aspects. Concept maps are effective means to generate and organize multiple grounded knowledge for sharing content and trigger behavior along learning and development processes. Since the basic concept map structure and procedure can easily be explained, the various stakeholders engaged in learning processes and knowledge management activities can benefit from these capabilities. Concept maps allow encoding not only relevant information but also elaborating different perspectives on information elements. In this way, meaningful content and features for interaction can effectively be conveyed. We demonstrate the non-intrusive and non-disruptive use of concept maps for user- and usage-centered design of learning environments. The approach spans from articulating educational designs and tagging didactic content to purposeful navigation and traceable design spaces. We use metadata to encode educational intention for learning support. They also allow using content elements in different educational contexts. Their handling can be aligned with existing features of learning support systems including social media. By understanding such application development as a learning process itself, concept mapping enforces systemic understanding and thus, accelerates further developments in context-sensitive design, as our findings from the field reveal.

Key words: *ontology engineering, concept map, eLearning, knowledge generation, knowledge representation, topic map, knowledge sharing, progressive education, self-directed learning, user-centered design, design space, distributed systems.*

Introduction

Michael Feldstein, in his recent reflection on MOOC (massive open online course) developments, rephrases the still valid quest for goal setting in technology-supported education and learning [1]. With respect to the effectiveness of pedagogical models, one of the commonly agreed cornerstones of e-learning developments, he argues for different design thinking, quoting George Siemens: “The connectivist view that learning is a network creation process significantly impacts how we design and develop learning within corporations and educational institutions. When the act of learning is seen as a function under the control of the learner, designers need to shift the focus to fostering the ideal ecology to permit learning to occur. By recognizing learning as a messy, nebulous, informal, chaotic process, we need to rethink how we design our instruction. Instruction is currently largely housed in courses and other artificial constructs of information organization and presentation. Leaving this theory behind and moving toward a networked model requires that we place less emphasis on our tasks of presenting information, and more emphasis on building the learner's ability to navigate the information (i.e. connectivism)” [2].

Such “educational goals ... are framed in direct contrast to the traditional methods and goals of schooling” [1, p.4]. They need to take into account cultural factors beyond cognition and technology, and are likely to affect the role understanding of teachers and learners, such as induced by Ri-

chard D. Garrison's (unifying) transactional perspective: "While knowledge is a social artefact, in an educational context, it is the individual learner who must grasp its meaning or offer an improved understanding. The purposeful process of facilitating an outcome that is both socially and personally worthwhile goes to the heart of the teaching and learning transaction. This transaction is common to all educational experiences, including e-learning.

Thus, an educational experience has a dual purpose. The first is to construct meaning (reconstruction of experience) from a personal perspective. The second is to refine and confirm this understanding collaboratively within a community of learners. At first glance, this dual purpose would seem to reflect, respectively, the distinct perspectives of the teacher and student. However, closer consideration of the transaction reveals the inseparability of the teaching and learning roles and the importance of viewing the educational process as a unified transaction. We are simply viewing the same process from two different perspectives. These two perspectives raise fundamental questions concerning issues of responsibility for learning and control of the process." [3, p. 62].

In e-learning designs reflection of educators and increased learner control has been part of shifting from teacher-controlled to self-directed learning processes (cf. [4]). Since it affects educational settings, didactic elements increasingly gets questioned by principles of mathematics (cf. [5,6]). When educators share the responsibility of the learning process with learners the preparation of the environment becomes essential for self-managed learning (cf. [7]). It is for e-learning of particular importance to get learners interested in being exposed to various learning modes (termed polyvalent by Leclercq [8]) exploiting a variety of methods and resources on provided content elements [9]. As such, e-learning designs require not only transparent acquiring and representing how content is prepared for learning, but also revising interaction facilities and information structures, e.g., recognizing the social character of transfer processes (cf. [10]).

Concept maps [11] are widely used as effective and valid means to elicit, represent, and share knowledge [12]. Albeit being traditionally utilized in educational settings [13-16], they have been introduced to organizational learning (cf. [17]), as they allow:

- making "thinking visible" in a socially accepted way [18];
- embodying cognitive and social learning experience (cf. [19-20]).

Their fundamental structure and handling is kept simple and can easily be conveyed to different stakeholders. As such, they qualify for engaging the various stakeholders in learning processes and knowledge management activities, including experts (cf. [21]). The ease of use while ensuring a high degree of expressiveness due to their diagrammatic nature lays ground for user-/usage-centered design. The various stakeholders, in particular curriculum designers, educational content providers, authors, tutors, facilitators, and learners, need to interact within and across their peer group when aiming to put to practice the interactionist and connectivist stance addressed above. A coherent use of concept maps should bring e-learning developments closer to achieve Dewey's objective that finally, there can be no difference between educator and learner understanding, in particular, in democratic educational institutions [22].

In the course of learning and interaction the complex cognitive and social fabric develops dynamically, requiring stakeholders one hand to stay tuned to their role and its adjunct perspective(s), e.g., educators being domain expert and knowledge transfer designers, while on the other hand meeting contextual objectives at the same time, e.g., formal (institutional) qualification requirements and sense-making skill development for individual learners. To that respect, concept maps allow not only encoding different types of relevant information but also elaborating different perspectives on information elements [23]. By exchanging perspectives (cf. [24]) they allow stakeholders reflection [25], concerning the meaning of conveyed content and features for interaction in the case of e-learning developments (cf. [26]).

The successful use of concept maps as tools for orientation, e.g., navigation in e-learning systems [27] in addition to content organization recommends their use when increasingly focusing on learner-centered designs besides presenting information (in the sense of [2]). Since concept maps allow for both, non-intrusive and non-disruptive user- and usage-centered design of learning environments should become possible.

Finally, the more self-organized the process of (re-)constructing knowledge can be organized the better problem-solving capabilities can be developed by learners [28]. Although from these empirical findings it can be concluded that integrating concept mapping into e-learning environments helps learners acquiring knowledge in a more effective way, a recent study reveals “it remains an open issue to find a suitable way of integrating concept maps into the learning process without introducing too much extra cognitive load” [28, p.77]. The connectivist view on learning [2] together with intertwining roles according to the interactionist approach as proposed by Garrison [3] could help to minimize cognitive load along learning processes.

Consequently, we propose to start using concept maps for eliciting mental models of educators (instructors, content providers etc.), including their domain and didactic understanding for a certain education task (cf. [29]), e.g., in terms of subject-specific learning paths. Subsequently, we offer learners to use representations of such kind as a means of orientation for navigation and individual learning path development (as part of content individualization). Implementing this concept should increase problem-solving capacity without burdening learning with existing domain and educational structures.

We introduce informed learning design along the following structure:

- (i) Articulation support for intentional education (section 1)
- (ii) Semantic navigation (section 2)
- (iii) User-/Usage-centered design spaces (section 3)

Articulating educational design and using it for navigation lay ground for structuring design spaces (iii), as they link features of learning environments to domain structures and didactic models. They contain all required information for contextual design due to their systemic representation, enabled by concept maps. All conceptual findings have been tested in the field allowing to present concrete data and to instantiate methodological or technological concepts in each section. All sample cases refer to learner-centered didactics and/or the same application domain, namely Business Process Management (BPM). Both have been selected mainly for the following reasons:

- The authors are familiar to them, due to their personal background, research and development activities (cf. [7, 30, 31]);
- BPM is applied in practice across disciplines, in particular economics, organization, and information and communication technology (cf. [32])
- Coherent design in higher education, as, e.g. proposed by Kinchin [33] requires re-thinking learning in terms of processes – Business Process Management captures these essentials from an organizational and technology perspective.

We conclude the paper summarizing our objectives and achievements, in particular referring to contextualize concept mapping along the various phases of coherent e-learning development. We also refer to future work aligning intelligent content with social media management.

1 Articulation Support of Intentional Education

In this section concept mapping for eliciting educator knowledge is discussed. Being part of various acquisition approaches when designing learning environments concept mapping allows identifying several categories of relevant knowledge (cf. [34,35]):

- Domain structures;

- Didactic patterns, including envisioned learning paths;
- Context of learning processes, such as situations of use.

Knowledge articulation is primarily a (meta-)cognitive effort to reflect on inputs to actions, e.g., educational resources, and causal links between actions and outcomes, e.g., triggering learning activities through engaging resources (cf. [36] referring to explicit articulation work). Concept maps, in particular when scaffolding (meta-)cognitive processes as hierarchy, cluster, or chain (cf. [37]), codify knowledge— a necessary precondition to enable others accessing and using externalized or generated knowledge [38]. Such documentations serve well as focal point for further processing, e.g., curriculum design [39], however, requiring to justify elicited knowledge (cf. [40]).

In the following, we structure the variety of opportunities to apply concept mapping when educational knowledge is generated. Although each application follows the basic idea, namely identifying and documenting concepts or nodes in their mutual context provided a topic or question [11, 14], the setting can be designed differently for effective utilization. We start with the open format given a certain topic, such as the design of a course (section 1.1). Such a scenario fits well for educators starting to reflect on their experiences and skills from a perspective of their choice, e.g., domain, institutional or didactic perspective (cf. [29]). It also meets the objective when ‘an empty sheet’ approach is required to open up for novel ideas. As [41] revealed generative concept maps could outperform prefabricated ones.

We proceed with elicitation procedures via structured interviews that turned out to set the stage for designing e-learning application in a comprehensive while focused way (section 1.2). It fits well to concept mapping, as concept maps facilitate analyzing existing learning resources, such as textbooks, in a structured way. Explicit content structures, finally, allow designing learning support systems including the didactic arrangement of content and its context, such as social interaction features (section 1.3).

1.1 “Open” or Non-directed Elicitation and Reflection



Figure 1- Tabletop concept mapping

This type of concept mapping starts with an objective, the participants need to agree upon. It may concern either an individual topic or a group task. Typically, the trigger to elicit and document educational knowledge and resources for educational design is the (re-)development of a course, or the occurrence of an educational challenge. The involved stakeholders start constructing a concept map by identifying nodes (concepts, meaningful items) and relationships on a virtual or paper surface, articulating their experiential knowledge. A variety of media for interaction can be provided, in particular paper, GUI-based applications, such as the Cmap tools [11, 42], and tabletop approaches, such as Comprehand [43, 44] – see Figure 1.

Interactive table-top mapping in that context targets at tangible information spaces. Correspondingly, concepts/nodes as physical representations can be put on a tabletop surface, and linked by pushing two nodes against each other. Nodes and links may be provided with text that is then displayed on the table top. 3D-elements also allow 3D-nodes to be opened, in order to put in other ar-

tefacts. Such artefacts may either be other maps, links to digital resources, e.g., web sites, or resources (files). Figure 2 shows the set of tabletop elements and the toolset for:

- Selecting elements (node or link) of a tabletop map going to be manipulated;
- Marking a link as directed relationship, e.g., indicating a procedure (chain);
- Removing a link or text label of a node or link (eraser tool);
- Storing the current state of the map as a snapshot in a repository for later use (snapshot tool);
- Step back in time showing previous snapshots (history tool).

Typically the semantics of a representation evolves in the course of identifying/putting nodes on the tabletop and creating links. As more than one person may be part of a mapping session, essential nodes and relations can be shared and stored as meaningful information for groups, including the generation of variants with respect to a certain issue (cf. [45]). Typical variants of course designs are subject-specific lectures for different curricula, e.g., computer science and business information systems, and thus educators with different intentions and learners with heterogeneous backgrounds.



Figure 2 - Elements and Tools for Tabletop Concept Mapping

Due to the codes on the bottom of each 3D element, each element can be used according to a certain category of information (meaning), e.g., red elements represent text books, blue ones comments of learners. It is depending on the conventions evolving during knowledge generation whether the 3D-elements belong to certain categories of information (cf. [46]). Typically the semantics of a representation evolves in the course of identifying/putting nodes on the tabletop and creating links. As more than one person might be part of a mapping session, essential nodes and relations may be shared and stored as meaningful information for groups, including the generation of variants with respect to a certain issue (cf. [45]). Typical variants of course designs are subject-specific lectures for different curricula, e.g., computer science and information systems, and thus learners with different backgrounds.

The example given in Figure 3 stems from the preparation phase of the International Summer School on Subject-Driven Role-Guided Externalization of Organizational Models (Erasmus Intensive Programme sponsored by the Lifelong Learning Programme of the European Commission – www.surgeom.eu). The figure shows some educational design principles for an introductory lecture on Business Process Management (BPM). Since the summer school is intended for students from different European countries and curricula (economics, organizational studies, computer science,

business computing, information systems), the crucial task is to align their understanding with respect to major concepts of the field, and their nature.

The tabletop map reveals on the left side a chain (sequence) of two learning steps involving different learner groups. In a first step Learner Group 1 (upper left part of the figure) receives a bundle of information on BPM, composed of modeling foundations and the language standard on the Business Process Modeling Notation (BPMN) 2.0 (upper right part). Learner Group 1 is asked to annotate the BPM life cycle that can be found in “Modeling foundations” with examples according to their own experiences and background (cf. [47]). These annotations together with the other resources are passed on to Learner Group 2 to accomplish a practical BPM modeling task, namely Process Analysis for a service industry. The container function of the tabletop system (Map Artefact in Figure 2) has been used to put the map denoted by the rectangle into the red tabletop element (by using the Artefact Marker for a Snapshot) shown at the lower part (Input to Group 2 – Practical Assignment).

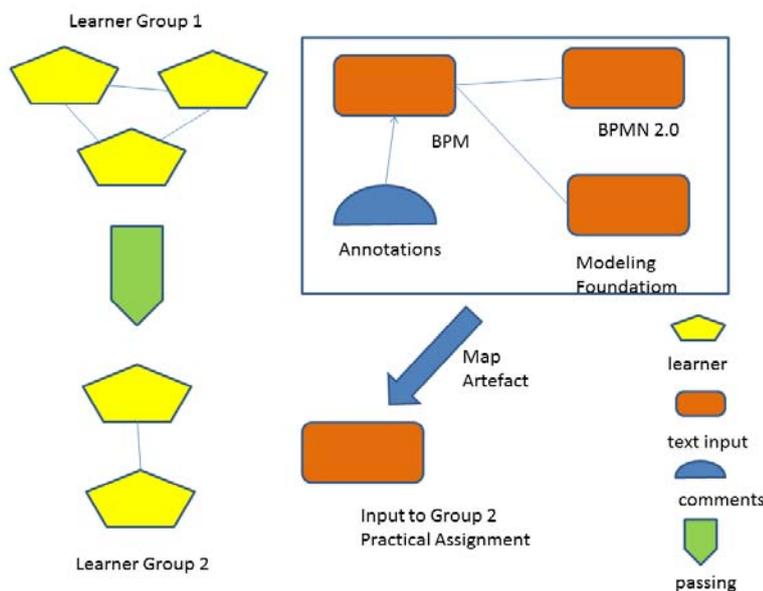


Figure 3 - Utilizing the benefits of tabletop concept mapping for articulating educational design – sample representations

In contrast to paper-based concept mapping the process of mapping may be recorded according to the needs of the users. Hence, the process of elaborating a structure may be traced and variants may be developed starting from any recorded state. In the presented system, due to the import into a GUI-based editor each map/snapshot may be processed further and be manipulated. For the tabletop system an export to the Cmap tool format ([42], cmap.ihmc.us) has been implemented, in order to allow processing the maps with a widely used GUI tool set. For procedural chains, such as shown on the left side in Figure 3 an export has been developed to a business process suite in the course of the European IANES project (www.ianes.eu).

1.2 Setting up Didactic Requirements

Benefits for education design can be created from reflecting and exploring didactic approaches using concept mapping. In this section, we exemplify such an endeavor for progressive education, a learner-centered approach oriented towards self-organization and constructivism (cf. [7, 31, 48-50]). Such comparative analyses for educational design follow a 4-step procedure:

- 1) Specifying the universe of discourse, such as identifying didactic approaches relevant for progressive education;
- 2) Detailing each constituent, collecting and structuring according to the information available, e.g., procedures, assumptions, empirical findings;
- 3) Cross-checking according to capabilities, e.g., degree of self-organization, effort of preparation;
- 4) Consolidating for further action, in particular requirements for e-learning.

Figure 4 exemplifies step 1 for progressive education, naming all analyzed educationists, and thus, scoping the universe of analysis. Color codes are introduced facilitating traceability when cross-checking findings.

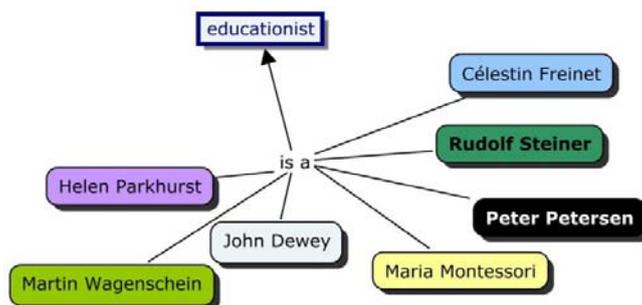


Figure 4 - Approaches to progressive education [50]

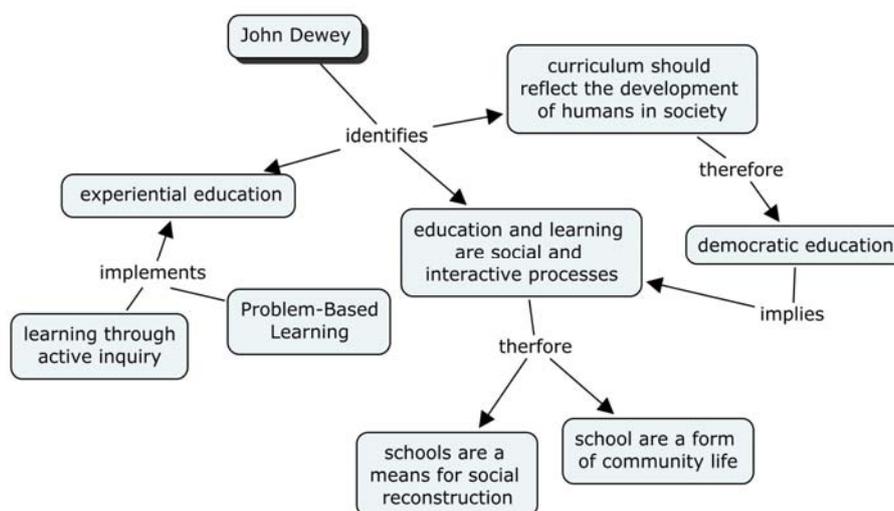


Figure 5 - John Dewey's approach [51]

In step 2 each approach is detailed according to the source of information, in the sample case documented findings. John Dewey [51] (Figure 5) puts emphasis on educating children using democratic principles, and educating them to acquire experimental, self-organized learning capabilities allowing them to contribute actively to societal developments. Helen Parkhurst [52] (Figure 6) appreciated Montessori and Dewey. She developed the role of the teacher further, namely towards guiding learners rather than controlling them. The developed pedagogy is centered on two instruments, which allow the provision of guidance and progress monitoring. Assignments provide scaffolds instead of details how to solve a task. The progress of the students along these scaffolds is monitored using process graphs. Learning incorporates group work and cooperation.

In step 3 cross-check according to educational tasks are performed. Hereby, parts of the above concept maps on the individual pedagogical approaches are put into a single map, thus, providing an aggregated view on progressive education. In order to be able to identify the source of information of each concepts and link, they are coloured differently, as indicated in Figure 7. Concepts that are represented by a rectangular shape represent the core concept of the particular map.

The following map shows learning principles facilitating learner-centered capacity building. The analyzed approaches require learners to take care about the freedom to select or develop their individual problem solving capability in a self-responsible manner. The requested actively

exploring of problems promote analytical thinking, creativity, practical abilities, and social capabilities for problem solving, since learning should also take place in groups.

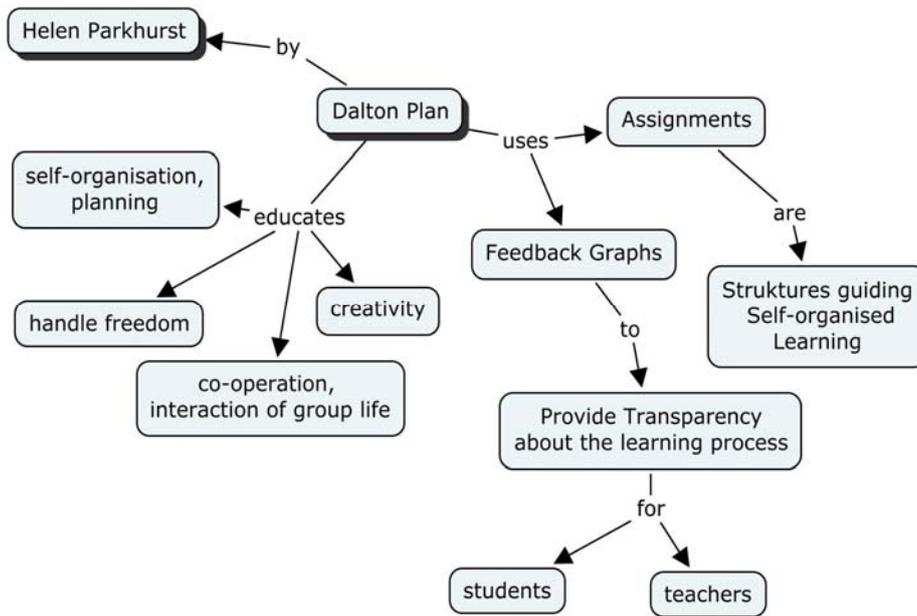


Figure 6 - Helen Parkhurst's approach [52]

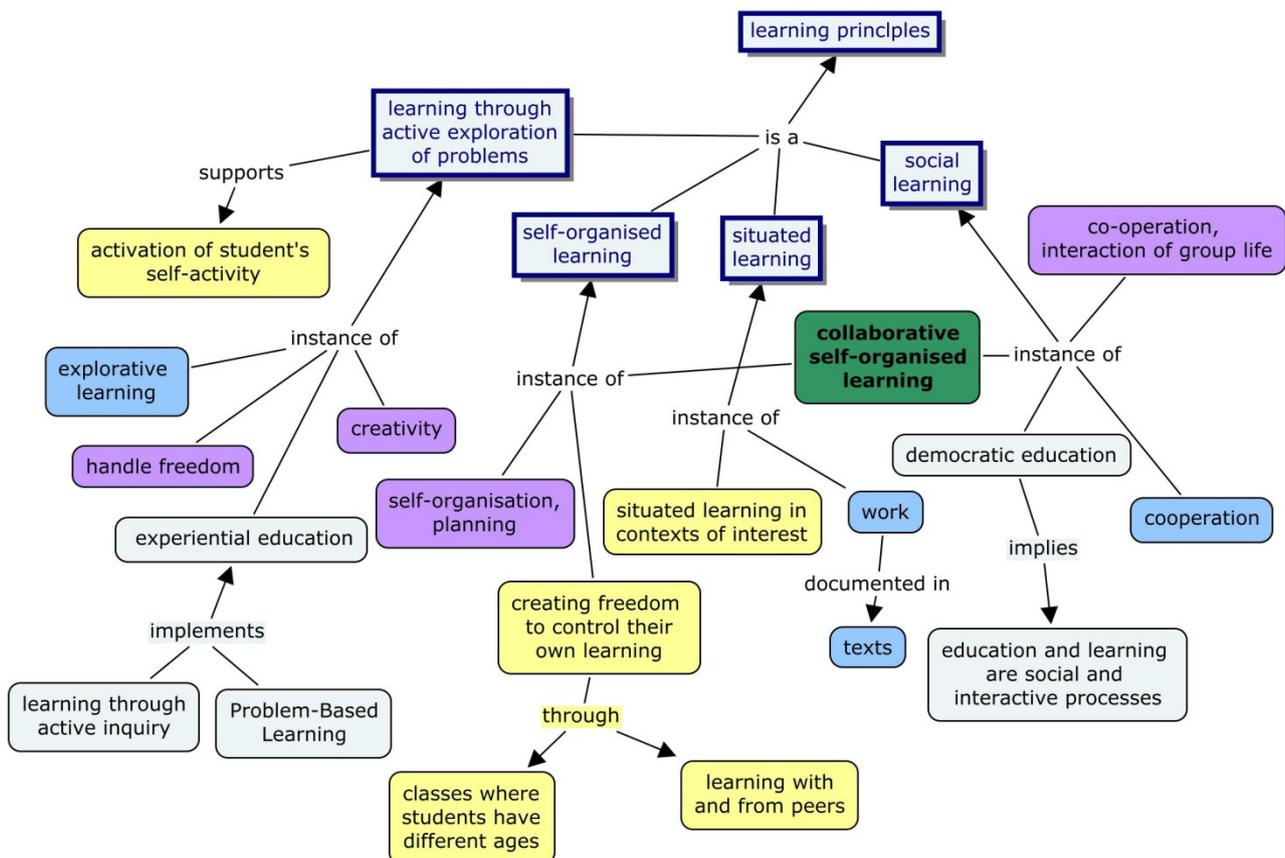


Figure 7 - Learning Principles

Finally, in step 5 requirements for educational design in e-learning environments may be derived from the map in Figure 7. The concept map in Figure 8 conceptualizes a learning environment providing learning facilities according to the above mentioned principles, by showing enablers to achieve major objectives of progressive education.

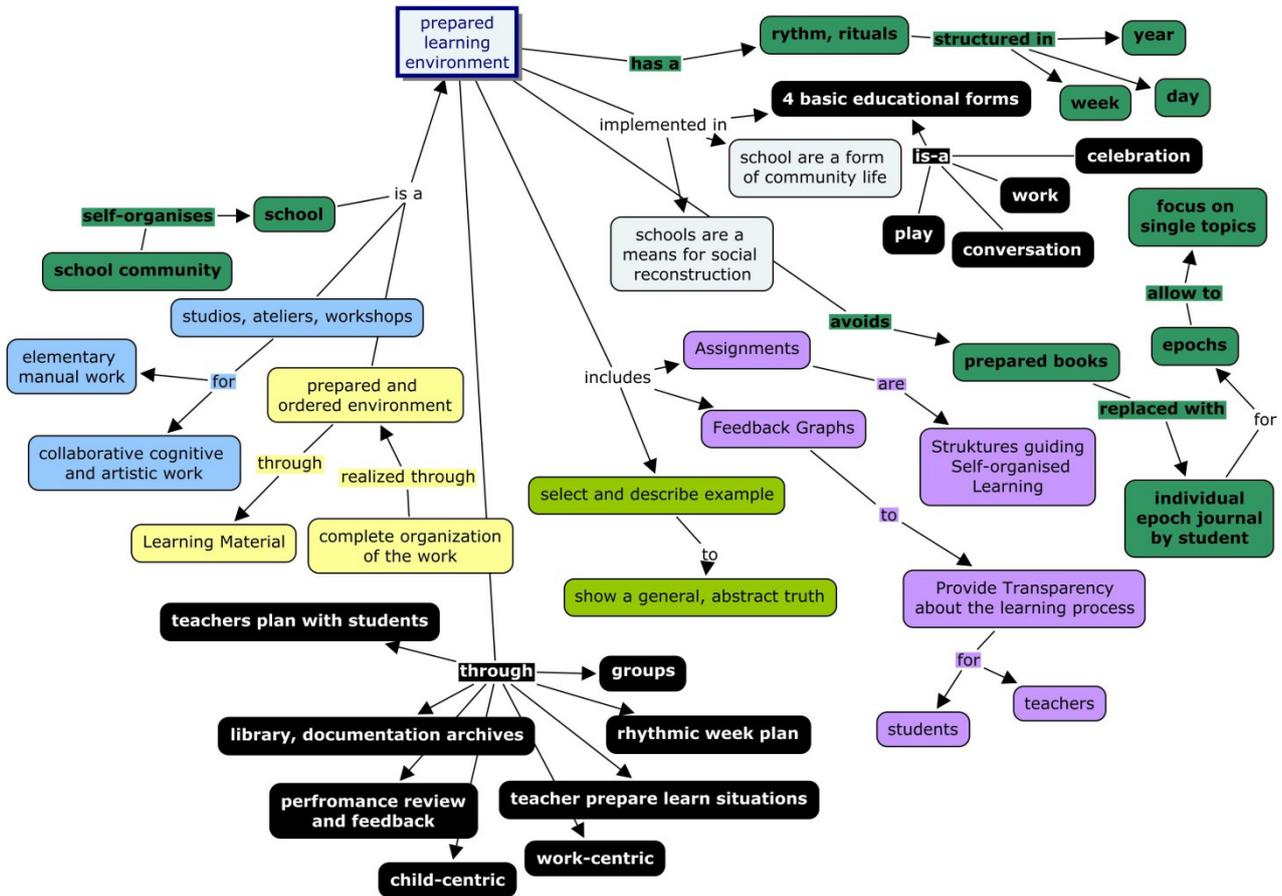


Figure 8 - Progressive learning environment requirements [50]

1.3 Developing e-Learning Baselines (Course and Content Models)

Although [53] could not demonstrate essential benefits for generating knowledge incorporating concept maps into interviewing, their work laid ground to structure narratives according to concepts, and thus apply concept mapping in the context of collecting educators' experiences for further engineering (cf. [54]). The presented content engineering process has been developed and evaluated in the projects ELIE (E-Learning in Engineering) [55] and mobiLearn [56]. It has been enriched with concept mapping, not only facilitating note taking through providing a structure according to the interview, but rather encoding domain structures that can be annotated with additional information. Of particular interest are domain-specific refinements and educational meta-data.

The approach comprises five main steps: preparation, preliminary document analysis, structured interview, extended document analysis and mapping of didactics, and finally, the actual content authoring and delivery to an e-Learning system (Figure 9). The core process steps aim to identify domain-didactic items based on relevant learning items and interview findings from domain experts, and to specify didactically enriched learning content.

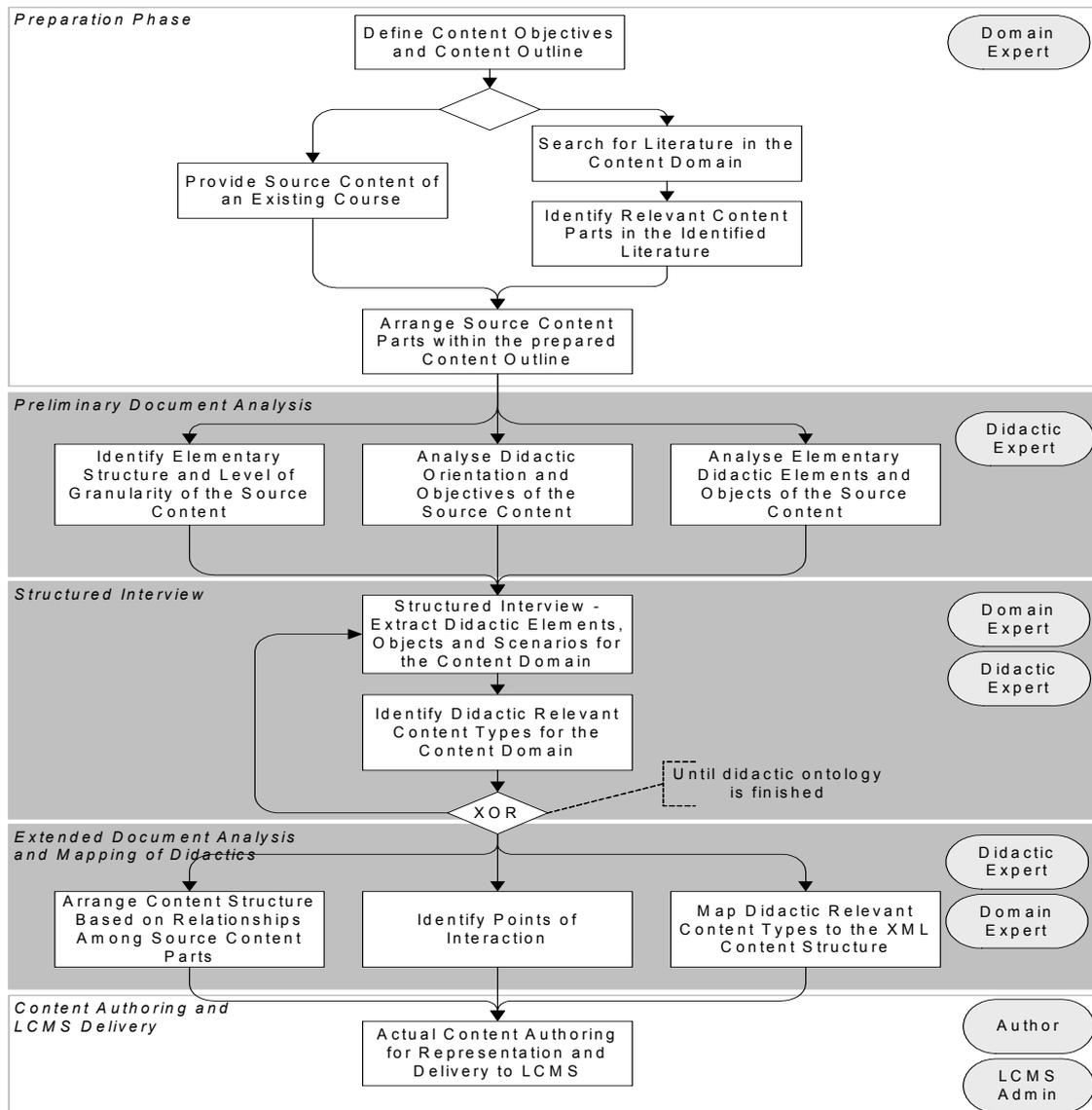


Figure 9 - Process map for e-learning content engineering according to [55]

In the course of the preparation phase, resources for content development have to be identified, mainly by educators who are also domain experts. A content outline map, including building blocks of a course, such as learning goals, target learner group, basic structure, depth and granularity of content is specified (cf. [57]). According to that structure, resources can be structured and analyzed. A set of resources forming an educational baseline serves as input for the didactic enrichment (tagging) process. Figure 10 shows an outline map (step 1).

It contains relevant topics for Business Process Management for beginners in Business Information Systems at the university level. As such, it reveals a stepwise from theory-to-practice introduction. A possible starting point are fundamentals in modelling and models (upper left corner) before either introducing theoretical models of organizations (upper right) or business process modelling (center). Business process execution is grounded on understanding modelling organizations in terms of processes.

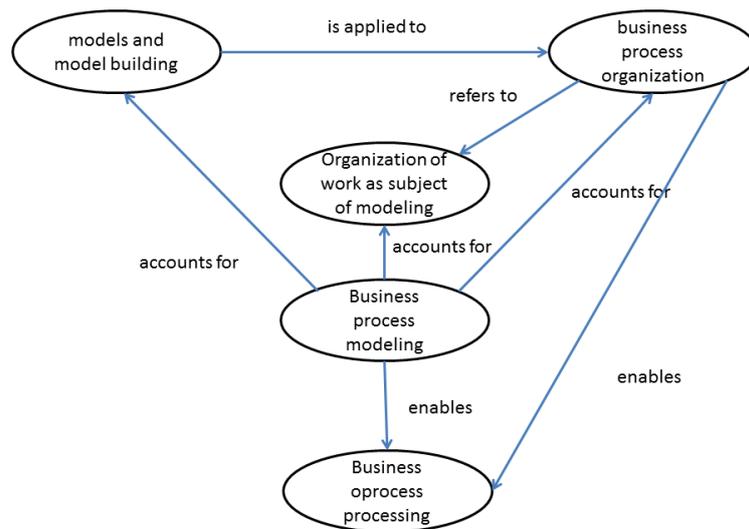


Figure 10 - Content outline map for business process management

Figure 11 shows the annotated map (step 2). The elementary structure displayed in Figure 10 allows annotating:

- Refinements of the fundamental structure, such as detailing business process execution in terms of performance engineering and workflow management (lower left part of Figure 11);
- Essential aspects, such as “structure” and “behavior” for understanding “business process organization”;
- The assignment of elementary didactic tags along refinements, such as “case study”, “definition”, “explanation”;
- Information on didactic orientation according to objectives of a course, such as assigning theory- or practice-laden didactic terms to topics, e.g., “tool” to “business process processing”.

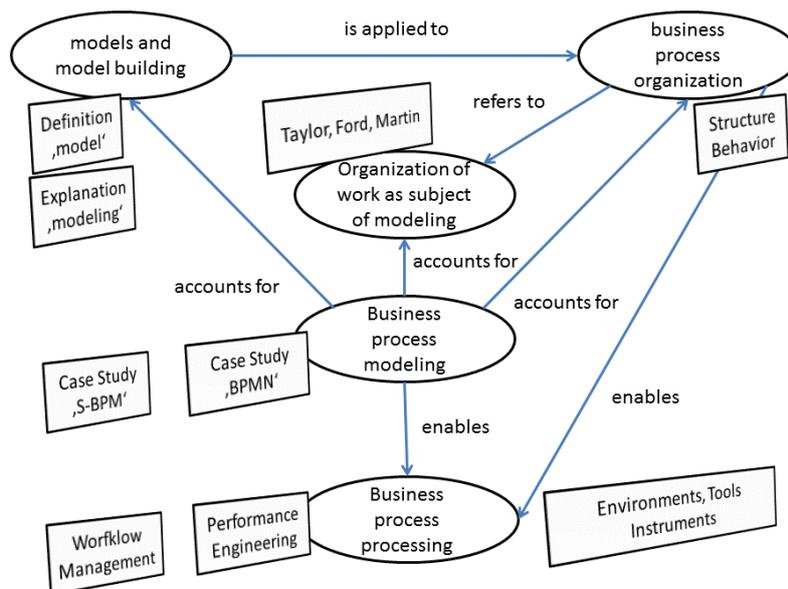


Figure 11 - Annotated structure map

In the course of the preliminary document analysis, source content chunks and documents are scanned to identify the level of granularity, content for orientation and navigation, and elementary didactic elements. The level of granularity of resources can be quite different: presentation slides, textbook elements, animations, apps. In the concept map annotations are used to identify relevant content items. Depending on the intended use of the content different levels of detail may be useful. Finally, elementary didactic elements, such as definition, example, case study, can already be identified. A concept map structuring all sources of relevant input also contains the rationale why this element should be included, relationships between the documents, and meta data, such as codality of information (video, text etc.). Hence, the final map contains all relevant associations (links) including navigation and navigational guidance. It forms the guide for the structured interview to validate the findings so far.

The structured interview with the educators concerns the following issues [55], supported by a structured mind map (see Figure 12) to condense all provided inputs:

Organizational Context. Organizational issues include content profiles, learner profiles and the organizational learning environment:

- number of educators and learners;
- current didactic quality of resources, including meta-data of different kinds;
- structure and procedure of educating and facilitating learning;
- criteria most important for facilitating learning processes, ranging from quality and adaptability of content to learner satisfaction and innovation;
- target group(s) in terms of background, motivation, literacy, learning style, professional orientation (technical, business, a.t.l.);
- guiding principles of learning processes: to make new knowledge accessible; to practise and deepen linking knowledge; to link existing knowledge; to embed knowledge in a global context;
- type of education in terms of learning (self-directed/instructor-driven, project/assignment-driven etc.) processes.

Individual Positioning. This section should clarify the individual approach of educators with respect to support learning processes:

- time spent with learners (either face-to-face or in virtual settings);
- fundamental individual didactic principles and preferences, e.g., less is more;
- potential of (re-)designing learning resources.

Learner/Learning Support. It comprises:

- activities of educator along
 - preparation phase, e.g., selection of content elements, establishment of specialized didactics, learner consultancy;
 - implementation of the course, e.g., classroom teaching, feedback sessions, quality checks;
 - assessment;
 - evaluation;
 - improvement of learning resources, didactic approach, and tools (based on evaluation results);
- didactically motivated content elements utilized for learning (codification such as text, pictures, multimedia, drawings; content types such as examples, cases, definitions, directions; interactive elements);
- structure of learning resources: linear/sequencing, linked/hyper medial, hierarchical, hybrid;
- completeness of learning resources with respect to didactic design;
- organization of learning support, including feedback to learners;
- grading and examination.

Communication. Social interaction and skills of the interviewed educator refer to:

- frequency of contact with other stakeholders (educators, learners etc.);
- particularities of interaction, such as hot potatoes, organizational issues, tools, taking lead.

Technical support. It addresses:

- categories of ICT-tools, such as content management, social media;
- technical interface issues when linking of two or more tools is required for learning support;
- meta-cognitive (learning-to-learn) support tools;
- learner profiling, identity management, and integrity/security issues.

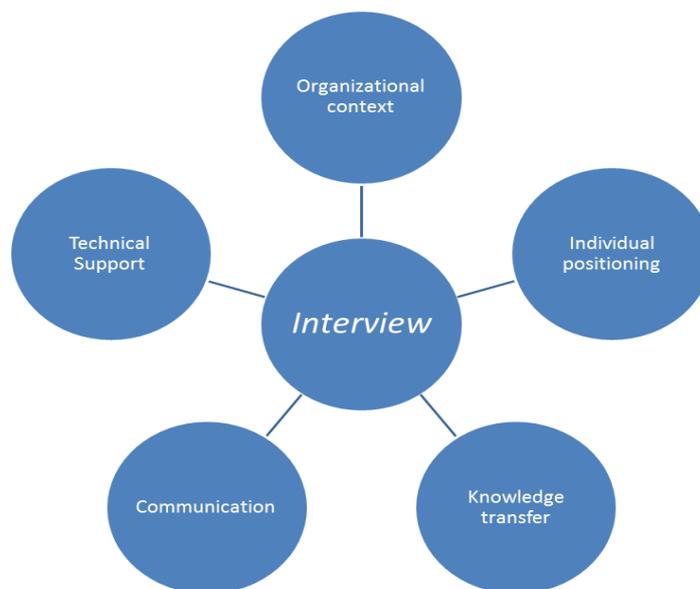


Figure 12 - Structure map for interviewing and result presentation

The structured interview should clarify individual, organisational and technical aspects of the learning support process. In the core part of the interview, didactically motivated elements such as didactic content types, interactive elements etc. are identified by the interview partner.

In the next phase, the didactic elements and structures are mapped to the (XML-)content structure. In case content has been already tagged, as some text books are generated according to metadata or didactic ontologies (cf. [58-61], w3l.de) these data can also be generated automatically (cf. [62]) or semi-automatically (cf. [63-64]).

Since the early days of e-learning the need for encoding didactic quality into content has been demanded (cf. [65-66]). Content elements should not only contain, but also visualize meta-data, such as definition, for orientation and selection. Figure 13 shows such an approach (cf. [55-56]). Learning units are part of modules courses are composed of. They contain content blocks with various domain- and education-relevant tags assigned to content elements. These elements can be text, graphics, video, or audio information.

Table 1 shows part of a typical didactically enriched structure developed for a course on Business Process and Communication Modeling at the University of Linz, Department of Business Information Systems. The course is given as an introduction to BPM to students in the Business Information Systems curriculum in the first year of the corresponding Bachelor degree program. Modules and Learning Units can also be shared with other course (cf. [67]), either in Computer Science or Business Information Systems, such as Communications Engineering. In those cases the assignment of metadata (Block types in Figure 13) needs to be reconsidered (cf. [68]), as, e.g., some Definition in Computer Science may need to be re-categorized as Explanation in Business Informa-

tion Systems due to its explanatory character when focusing on application of computer science theories and concepts.

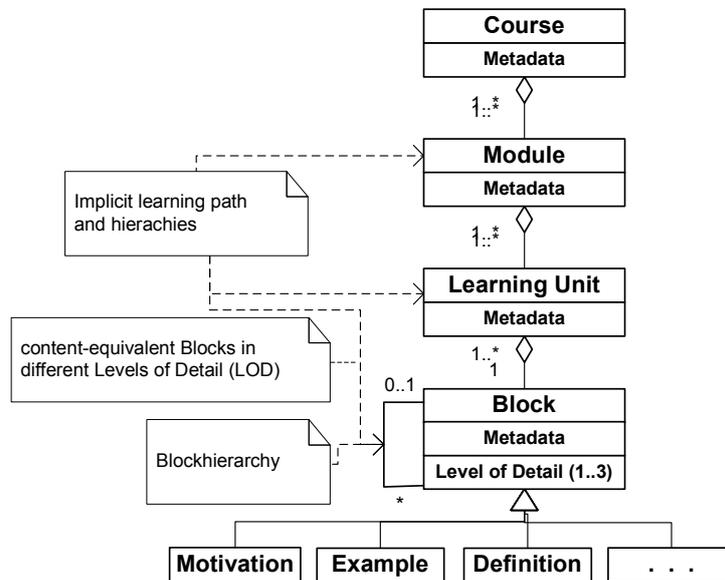


Figure 13 - Educational metadata structure

Table 1 - Example of tagging a BPM content structure

Module	Learning Unit	Block	Didactic Tag
Process Engineering	Development of Process Organizations	Business Process Re-Engineering	Background Information
		Design	Case Study
		Performance Engineering	Explanation
		Implementation	Example
	Workflow Management	Ontology	Explanation
		
	Process Simulation	Objectives	Content
		

Tagging follows the structure of the content outline map shown Figure 10, leading to the following modules (see also Figure 14 - navigation area on the left side of the screenshot):

- Introduction, providing the relevance of the field;
- Models and modeling, giving some background on abstraction and representation;
- Organizations and processes, introducing the nature of business processes and their history in Organization Science;
- Process modeling, detailing functional, object- und subject-oriented approaches to business process modeling, with practical guidelines on how to construct models in the respective paradigm;
- Process engineering, providing fundamentals of performance engineering, architecture designs, and workflow management, in order to implement business process models by ICT systems.

In Table 1 one of the modules, “Process Engineering”, is detailed with respect to some of its learning units (Development of business organizations, Workflow Management, Process Simulation), and its content elements (blocks), and their tags for the first learning unit.

In addition to tags distinguishing various levels of detail has turned out to be useful for useful for targeted content delivery. Using several LODs (Level Of Details) content developers can structure learning resources on three different levels of granularity. A common instantiation of that concept is to provide slides for classroom presentation on LOD1, text book elements for reading and self-studies on LOD2, and additional information or further resources (links, files, videos, and the like) for exam preparation and in-depth studies on LOD3.

For learners tags are visualized when content elements are displayed. The content area in the center of the screen (see Figure 14) corresponds to the work space of stakeholders. Navigation is provided initially as tree view on the left side of the screen. It supports nesting of content elements, in order to facilitate structured access to content elements, such as displayed for Process Engineering on the left bottom of the screen in Figure 14.

Explicit tags also allow filtering according to learning styles, e.g., selection of all examples of a learning unit, in case a learner is more practically oriented when acquiring knowledge. Given the proper functionality (see third entry from left “Filter” in the toolbar beyond the navigation space), the LSS (Learning Support System) displays only those parts in the navigation and content area that contains the selected tags. Hence, both, domain structures, and didactic expertise contribute to semantic richness of the provided BPM content.

In Figure 14 on the left side of the screen a tree view for navigating the nested content is shown, whereas in the center the selected content is displayed, in this case “Development of process organizations” being part of the module “Process Engineering”). The tags are “background information” (Hintergrundinformation) and “practical guideline” (see marked areas on the right side of the screen) concerning some text to motivate developing process-based organizations, and a practical guideline on the development of process organizations revealing BPM phases that should be followed in the course of development.

The screenshot shows a software interface for a Learning Support System (LSS). At the top, there is a navigation bar with tabs for 'Arbeitsplatz', 'Forum', and 'Verwaltung'. Below this is a toolbar with icons for 'Bearbeiten', 'Betrachten', 'Filter', 'Neue Folie', 'Folie löschen', 'Folie umbenennen', 'Folie freigeben', and 'Hinzufügen Diskussion'. The main content area is divided into a left sidebar and a central workspace. The sidebar contains a tree view of content elements, with 'Entwicklung von Prozess-Organisation' selected. The central workspace displays the content of the selected element, including a title 'Entwicklung von Prozess-Organisation', a sub-heading 'ENTWICKLUNG VON PROZESS-ORGANISATION', and a paragraph of text. Below the text is a flowchart titled 'Business Process (Re-)Engineering' showing a sequence of steps: Anstoß, Organisation, Positionierung, Diagnose, Redesign, Umsetzung, Einführung, and Optimierung. Two blue circles highlight specific tags: 'Hintergrundinformation' and 'Handlungsanweisung'.

Figure 14 - Tagged BPM content – “background information” and “practical guideline” on the development of process-based organizations

The latter case reveals the intention of tagging, expressing the context how the content is addressed and could be used. For learners that should find orientation how to set up BPM projects, and participate in BPM lifecycle activities the tag “practical guideline” indicates this educational intention. In case learners are more focusing on becoming acquainted with frameworks, e.g., when comparing lifecycles from various BPM approaches, they could be supported effectively using a tag like “operational frame of reference” or “value chain”.

2 Semantic Navigation

Navigation makes up most of the user’s experience (cf. [69]). Consequently, navigation features should facilitate the access to domain- or user-relevant information including content and its manipulation features. When using those features users should build up and maintain a coherent mental representation of the traversed environment, the so-called cognitive map (cf. [70]). Such a representation serves as a baseline for learners and facilitators when interacting with a learning support system (cf. [71]). However, for content-rich applications there is no consensus on (re)presenting content and manipulation features in a user-centered way [72-73].

The learner support presented so far (see previous section) featured the dynamic selection of meta-data, such as “explanation” which allows learners navigating through content and experience it individually. Its design is led by domain concepts which can be created by mining techniques mapping from documents [74], however could be utilized for adapting to learner needs, e.g., planning individual learning paths [61]. Tseng et al. [62] constructed concept maps for achieving adaptive learning. Hereby they automatically created predefined concept map of course descriptions [75] that could be adapted to individualize learning paths. They can help educators and learners to locate and assign learning resources according to recognized learning goals. However, intentional elements need to be visualized and accessible interactively (cf. [76]).

In the following we review the concept map based tool developed by [77] that allows encoding of intentional information dynamically, such as learning objectives, domain and didactic meta-data. Using the LSS shown in Figure 14 they had found that the deep hierarchy levels had been time-consuming for learners with respect to navigation, and thus, were hindering learning processes. They developed an associative navigation design, enriched with educational and domain-specific metadata. It allows individual exploration of content, and is displayed as concept map. Learners select learning their paths according to the prepared links and may navigate beyond hierarchies (as encoded in the tree view), and across domains or courses.

Figure 15 depicts a concept map for the learning unit on “Enterprise Architecting” being part of “Process Engineering”. Educational metadata (motivation, definition, etc. - see also Figure 16) semantically describe links to information resources. Hence, the associative navigation provides learners additional structural navigation information that shapes their learning paths.

Individualization support considering the associative navigation is similar to the hierarchic approach presented in section 1. It is enabled through features like annotating a concept map and its elements, editing such as adding individual concepts, and filtering links to information resources according to didactic content types, content codality, or user profiles and preferences. Compared to the hierarchic approach, the concept map approach also enables annotation referring to concepts, relations, and links to resources.

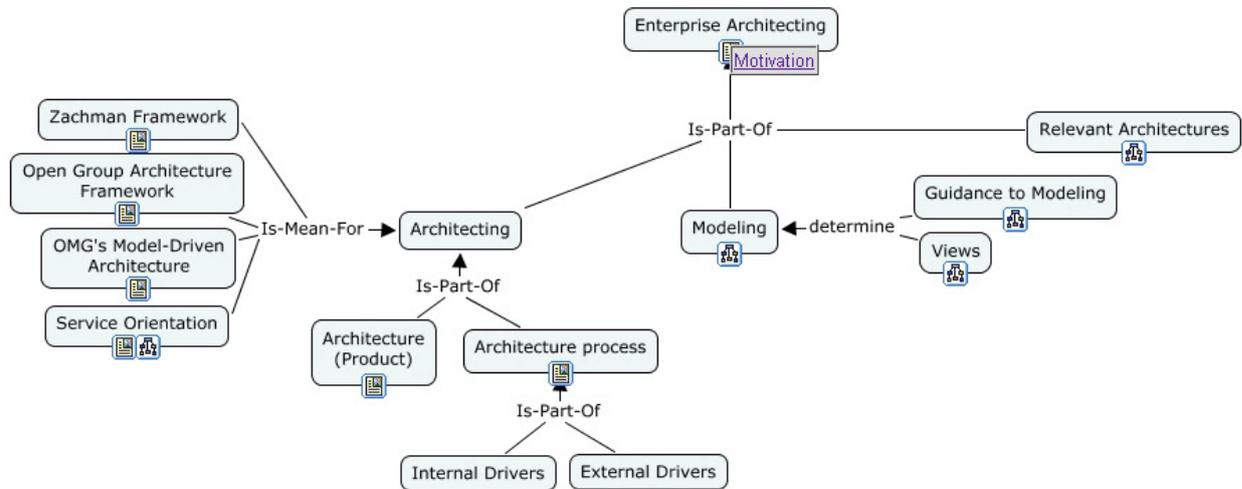


Figure 15 - Didactically enriched concept map navigation

In order to support both approaches, a polymorph representation scheme has been developed based on the ISO standard of Topic Maps (cf. [77]). For the implementation of the dual navigation approach the differently organized information structures have been recognized applying an intertwined view concept. The following view types match the different approaches: Learning content (structure) view, linking and individualizing view, domain context, and access context:

- **Learning content (structure) view.** This view contains didactically enriched learning content typically authored by educators. It serves to present the basic structure of learning resources and communication features. Regarding the given navigation designs, this view includes parts of the hierarchic navigation design. To support authoring of learning resources in this view, didactic topic map templates are useful (cf. [78]). Such templates aim to ensure consistent authoring and finally consistent navigation. Furthermore, didactic topic map templates allow the consideration of different didactic attempts and singularities of knowledge.
- **Linking and individualizing view.** The aim of this view is to allow users embedding arbitrary content in their individual learning process or in collaborative learning processes, and thus supporting knowledge transfer. Within this view (individual) semantic relationships between arbitrary content elements are represented, e.g., relationships between learning content and communication items, learning content and domain concepts, relationships between learning content/domain concepts and additional information in the web. Nevertheless, content elements (such as block, communication item, domain concept) provide the focus and serve as anchor to represent associated information. Further aspects of individualization such as annotations, meta-data or comments are also represented within this view. Thus, linking and individualizing views allow recording the knowledge construction process of learners (cf. [79]). Moreover, through allowing relationships between arbitrary content elements new navigation paths can be offered in contrast to hierarchy-driven navigation paths. Since linking and individualizing views record the knowledge construction process of learners, for learning in teams sharing and merging facilities for views are necessary to support collaboration among learners. Topic Maps provide an integrative concept to that respect. For efficient migration Published Subject Identifiers (PSI) are recommended (cf. [80]).
- **Domain context view.** Within this view concept of a given knowledge domain and respective associations are represented. Additionally, this view includes domain-overlapping relation-

ships. Besides concepts and associations, relationships between concepts and information resources are depicted within the domain context. Information resources can either be arbitrary content elements of the learning resources or other information resources, such as external web pages. In order to allow individualizing the description of a given domain, individual views can also be represented upon domain contexts.

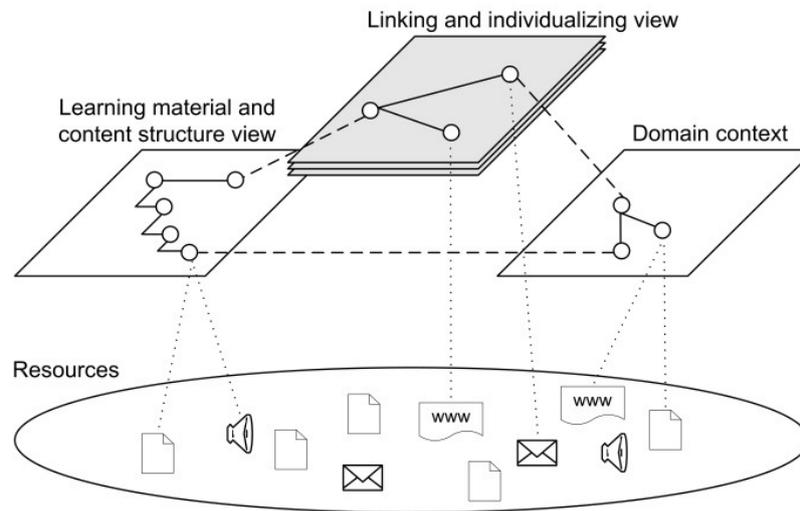


Figure 16 - Relationships between main views

- The **access context view** supports adapting navigation and presentation of content according to different user preferences, devices or learning situations. It allows adaptive navigation experience for learners, e.g., by retrieving content in different levels of detail (e.g., bullet points – LOD1, text – LOD2, additional information – LOD3) and different codalities (e.g., text, audio, video).

The integration of the above mentioned views provides a holistic perspective on learning content embedded in individual, didactic, communication, and domain context. Considering navigation in such a multifaceted environment, content elements provide a focal point of learning processes. Content elements represent anchors for switching between different views (e.g., domain context, learning resources and content structure view) or for combining different views.

Finally, reconsidering Topic Maps for the representation of the given views, it is necessary to distinguish the representation of structure (topics+associations) and the representation of content (occurrences). Structure focuses on navigation and supports retrieval of content, while occurrences represent the link to information resources (content). Different statement types support filtering of navigation paths (cf. association types) as well as content types (cf. occurrence types). For instance, occurrence types allow representing various codalities (e.g., audio, video) for a topic, and hereby selecting content according to the desired codality. Annotating learning content (using hierarchic navigation) with a concrete domain concept allows switching between hierarchic navigation and concept map-based navigation (see Figure 17). Besides switching between different navigation designs, the topic map representation approach allows:

- flexible embodiment of didactic information into the navigation design;
- domain-specific adaptation and navigation;
- re-using of content elements in different contexts (e.g., traditional tree view, concept map);
- filtering content according to didactic type, codality and granularity;
- filtering navigation paths (associations) within the concept map navigation;

- individualizing of learning resources (e.g., linking blocks or concepts with communication items in order to represent context-sensitive discussions).

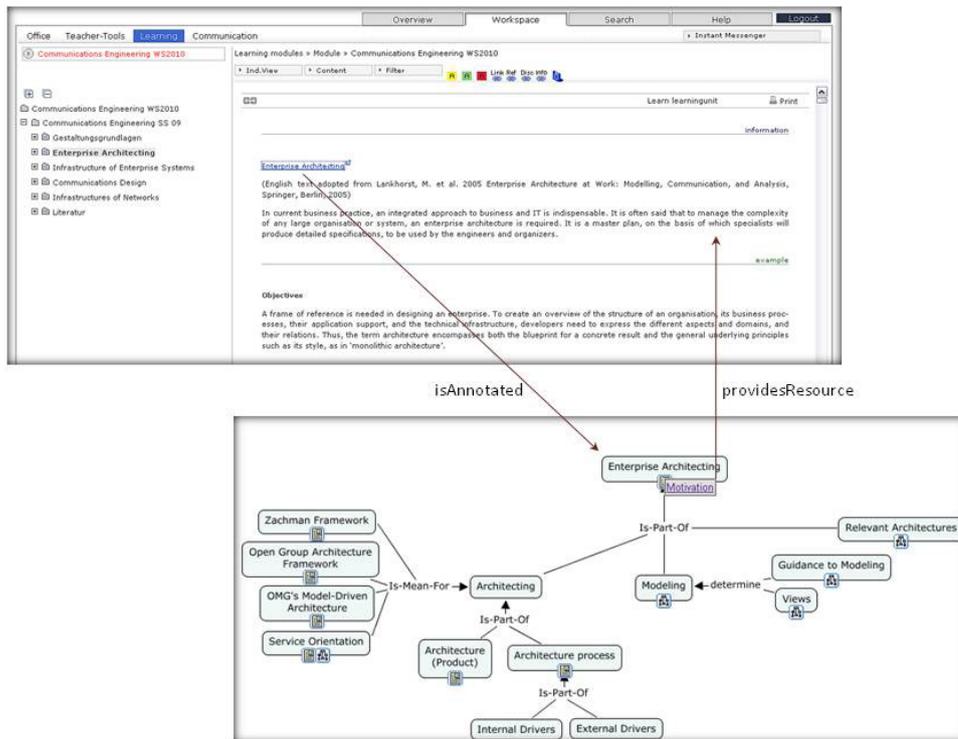


Figure 17 - Linking hierarchical and associative navigation design

Such an implementation enables a highly flexible learning support system, as it can be adapted to user preferences and navigation styles promoting individual learning experiences. Learners who have been using the associative navigation design mentioned that it helped them to get an overview regarding the content of the lecture and to identify relationships between content elements. However, they indicated to have used the concept map in addition to the provided text book for the lecture and not as primary source when learning. The content types displayed in the associative navigation have been experienced to support learner navigation. The depicted relationships between concepts as part of associative navigation have been intelligible to most of the learners.

In this way the empirical findings confirmed some expected benefits, and affirmed that both navigation designs are used by learners complementary [77]. While associative navigation design seems to be used by learners primarily to get an overview of a domain and to recapture associations between the domain-specific concepts and content, hierarchic (tree) navigation seems to be preferred by “top-down learners”, working with content primarily in a linear way.

3 User-/Usage-oriented Design Spaces

From the findings in the previous section, in particular for semantically enriched navigation design various design dimensions to provide meaning of learning content have become evident – see also Figure 18:

- Subject-inherent and domain-independent elements.** They can be found in most of the educational subjects, as they constitute disciplines. Among these elements are origin, concept, paradigm. In BPM typical origins are organizational development or software engineering, concepts

are modelling elements to represent business processes, and paradigms are communication-orientation and functional specification.

- **Subject-inherent and domain-dependent elements.** These elements are typical for certain domains, and allow differentiating domains, such as software project management and BPM. In BPM typical instances for domain-dependent elements are business process models, analysis methods, life cycle. They concern fundamental elements to understand the field.
- **Learning-inherent elements** that are domain- and situation-dependent. This category refers to elements directly influencing the style of presentation, location, and reception of resources as well as learner behaviour (cf. [81]). For instance, in progressive education self-regulated learning, exploration, and informed problem solving are of eminent importance. The domain-dependence is given by looking whether the domain, such as BPM, allows such an approach. The same holds for the situation, as the format of lectures influence learner behavior. A course providing project assignments is likely to allow self-organized problem solving in contrast to focused method training.

When it comes to implementing didactic settings the underlying services are of importance (cf. [82-84]). More particular, a variety of tools support e-learning today and are part of respective environments. Besides traditional content management Web 2.0 technologies, such as blogs, wikis, chat rooms, video streaming, a.t.l. are widely used [84]. Few of them aim to create an integrated learning support system [85-86]. Hence a mapping from didactic requirements (see section 1.2) to services allows for traceability of the development process. Hereby a middle design layer (see Figure 19) as a focal point in terms of feature bundles turned out to be useful.

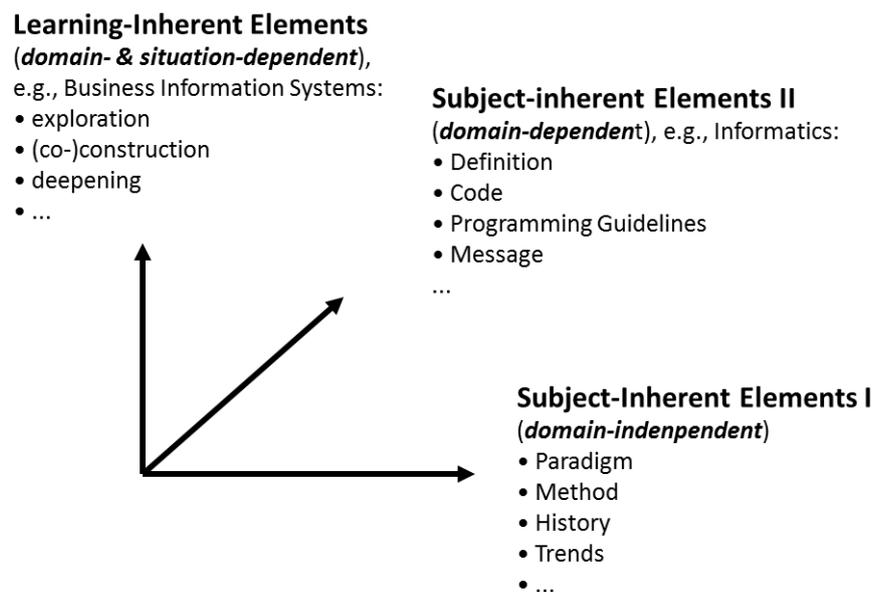


Figure 18 - Categories of design elements

Once the underlying education scheme is considered to be a starting point for learning design (cf. [87]) features need to be derived from pedagogic elements in terms of technological functionality in the course of development. Concept maps also help to structure and guide this process. In Figure 19 the top layer consisting of domain and didactic structures is related to feature bundles located in the middle layer that allows identifying classes of systems for implementation and refining them in terms of their specific features or services (cf. www.archimate.org).

Figure 20 exemplifies the principle of this design mechanism based on input presented in the previous sections. For the sake of intelligibility the link structure of the map is only sketched

between the top and the middle layer. The middle layer exemplifies typical “design cornerstones”, such as a feature bundle for content management, integration social media into content management, and supportive transfer structures. Each set of features is detailed in terms of tools or tool sets in the bottom layer.

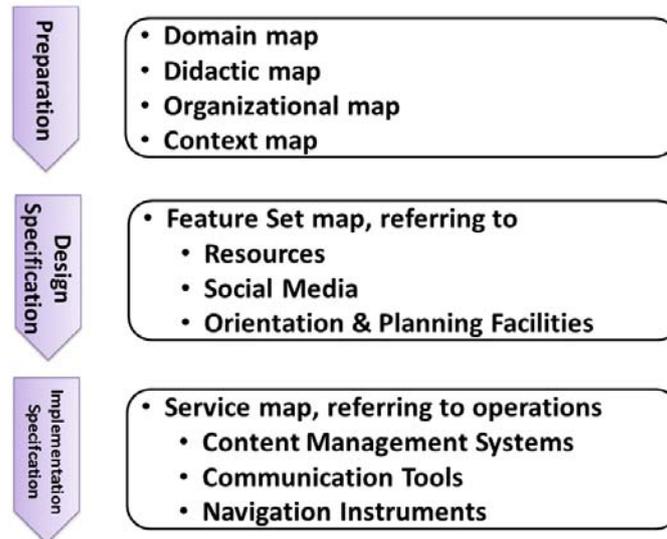


Figure 19 - A layered approach to a user-/usage-centered learning design space

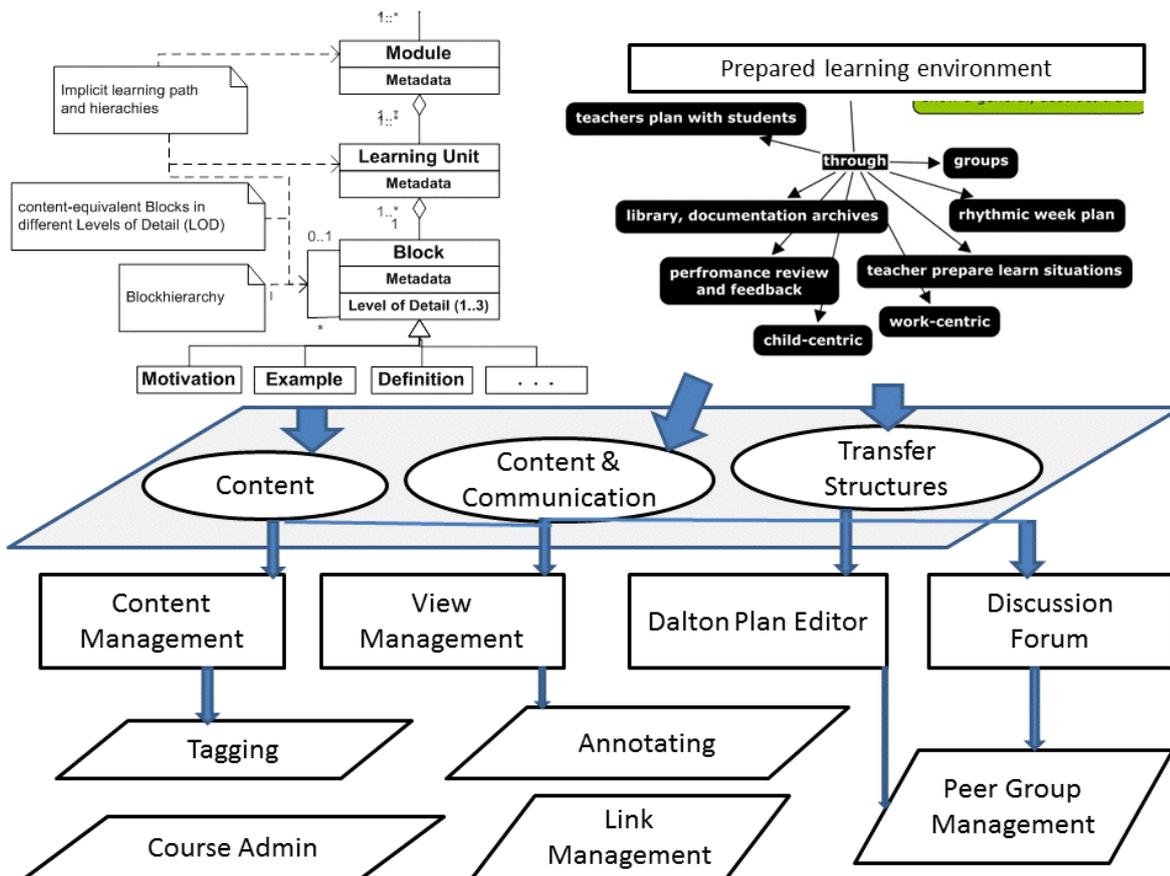


Figure 20 - Schematic instance of design map

For instance, following the progressive education approach, the Dalton Plan as introduced by Parkhurst [88] has been implemented [31,49]. The Dalton Plan primarily uses assignments and feedback graphs in conjunction with bulletin boards and conferences. An implementation in a learning support system requires a prepared environment as shown in the right top of the figure (extracted from Figure 8 – requirements). From the middle design space layer Content & Communication and Transfer Structures are addressed in line with recent findings with respect to effective e-learning processes [4].

According to the concept mapping guidelines, each element of the upper layer (encoding the didactic and domain concepts) can be related to one or more elements of the upper and middle layer. For the Dalton Plan implementation a link needs to set between ‘teachers plan with students’ (upper layer) and “transfer structures”, as the Dalton plan is based on a work plan structuring learning steps.

Using the Dalton Plan editor (systems and specific feature layer in the design map of Figure 20) the different parts of Dalton Plan assignments and their relationships can be specified. Assignments organize learning processes by detailing problems and providing descriptions, namely in terms of documentation (Written Work) and cognitive activities (Memory Work) involving individual and group tasks.

The Dalton Plan facility enables deadlines and providing feedback to learner achievements (see Figure 21 and 22). Feedback graphs allow transparent progress reports. Meetings and so-called conferences are also part of the Dalton Plan. They can be scheduled on a regular basis or announced on the bulletin board. Figure 21 shows the assignment editor for specifying work plans, and feedback graphs (Figure 22) implemented using a web 2.0 technology stack (cf. [89]) in the Learning Support System already presented above. Each learner can be (re)presented by a feedback graph once working on a specific assignment. For each assignment all currently involved learners can be displayed according to their state of affairs, both in terms of self- and educator assessment.

In general, the introduced design space approach for user-/usage-centered learning designs bridges the gap between educational requirements and technical system features by a middle layer that serves top-down and bottom-up specifications:

- Educational inputs can be refined to requirements, either in terms of domain, didactic or situational structures (top layer);
- For each of these maps from the top layer one or more points of reference in terms of bundles (of features) in the middle layer can be defined, e.g., content management for didactic elements being part of learning units;
- Systems utilized for implementation can be refined in terms of their features (bottom layer)
- Each feature can be assigned to a system which can be assigned to a class of systems (bottom layer);
- Each set of features (middle layer) is implemented through (a set of) systems (bottom layer), and vice versa, each class of systems, system or feature can be assigned to a bundle of features on the middle layer.

Finally, all neighboring relationships for design and implementation, such as using the Dalton Plan editor together with existing Social Media, may be specified on the top and bottom layer. The middle layer elements should only be linked to upper and lower layer elements, for the sake of coherent assignments of bundles (of features) to systems or system features (bottom layer). Thus, the middle layer may not be considered a separate topic map.

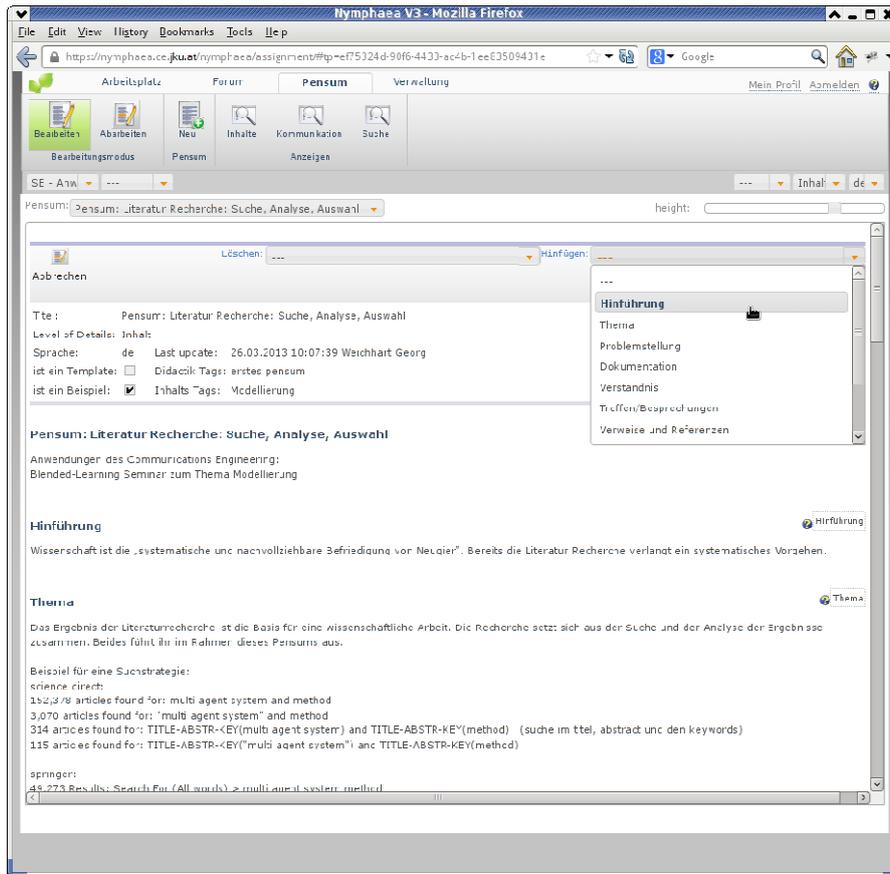


Figure 21 - Dalton Plan editor [31]

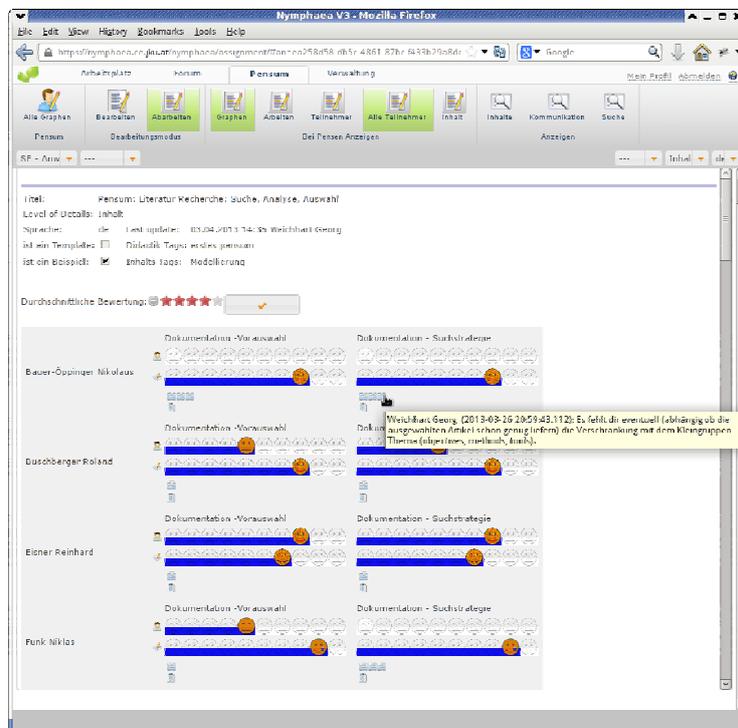


Figure 22 - Feedback graphs [31]

Conclusions

The development of learning support systems seems to be an open puzzle, both in terms of concepts and instruments when putting concepts to practice. This contribution can be seen as a trial to use concept maps as representational glue to stabilize parts of an evolving puzzle, once its parts have been identified and need to be aligned, starting with educational intentions, and proceeding with preparing a supportive learning environment based on meaningful content and learning process specifications.

When intertwining emotional, social, cognitive, and technological issues means of orientation and documentation become essential, not only for those who are carrier of these processes, but rather for those who initiate and facilitate these processes, namely educators, content providers, and developers. Concept mapping is easy to learn and concept maps are easy to use when (re-)presenting information in a context-sensitive way. They can be used to generate and organize knowledge for sharing (e-)learning expertise in a straightforward way.

We started out with articulation work on educator knowledge and education-relevant mappings for learner-centered design. The design spaces we could open up allow proceeding with content production and navigation design based on intentional and meaningful design elements. Meta-data are key to implementing design maps with Web 2.0 technologies which can be captured in a layered design space according to generic feature classes.

Educational metadata stemming from domain didactics can be effectively used for content and navigation structuring. Concept map-based navigation design complementary to nested tree structures can be created using topic maps and support learners along individualized learning processes. Hence, the primacy of didactic design together with dynamic adaptation forms the base for user- and usage-centered interaction.

Future developments will focus on deepening the understanding of dual design and navigation representations when starting with articulating educational knowledge. We are working on aligned tool support to couple the reflection of designs and their effectiveness in learning processes to tools adapting to the represented knowledge structures. As such, e-learning and knowledge management environments could become a living design memory in the sense of dynamically informed end-user computing involving learner and educators according to Dewey's intention. Such an approach does not only allow dynamic and personalized adaptation of content, navigation and learning support structures, but keeps track of previous designs including their effects when being in use. Hence, learning cycles for e-learning could be coupled directly with the actual learning processes they aim to support.

However, the underlying technologies, such as intelligent content management and social media, need to become part of an integrated system, in order to provide seamless stakeholder support. Considering today's learner communities, students very likely want to use those social media they are perfectly acquainted with and thus, use them as integral part of their daily routine, such as facebook (facebook.com). These tools need to be interoperable with learning support systems, since replicating functionality might not lead to the intended effect of non-disturbing learning support. Hence, future research will also focus on interoperable technical systems that are utilized implementing the content structure and feature chains specified in the design space.

Acknowledgements

We thank the IANES (FP 7 People Programme - Industry-Academia Partnership and Pathways, People Grant 286083, Interactive Acquisition, Negotiation and Enactment of Subject-oriented Business Process Knowledge, www.ianes.eu), and nymphaea team (nymphaea.ce.jku.at) for their continuous support of our research.

References

- [1] **Feldstein, M.** Ubiquity Symposium: MOOCs and Technology to Advance Learning and Learning Research. The MOOC and the Genre Moment, in: Ubiquity, 2014(9), 1-9, ACM, DOI: 10.1145/2591681, download from <http://ubiquity.acm.org>, 16.9.2014.
- [2] **Siemens, G.** Connectivism: Learning as Network-Creation, 2005 - <http://www.elearnspace.org/Articles/networks.htm/>, download 16.9.2014.
- [3] **Garrison, D.R.** E-learning in the 21st century: A framework for research and practice, 2nd ed., Routledge, 2011, New York.
- [4] **Dabbagh, N., Kitsantas, A.** Personal Learning Environments, Social Media, and Self-regulated Learning: A natural Formula for Connecting Formal and Informal Learning, in: The Internet and Higher Education, 2012, 15(1), 3-8.
- [5] **Gilbert, T. F.** Mathematics: II. The design of teaching exercises. Journal of Mathematics, 1962, 1(2), 7-56.
- [6] **Scott, R. O.** Mathetic and progressive chain strategies for instructional sequencing (Doctoral dissertation, University of Michigan. 1968.
- [7] **Eichelberger, H., Kohlberg, W.-D., Laner, Ch., Stary, Ch., Stary, E.** Reformpädagogik goes e-Learning. Neue Wege zur Selbstbestimmung von virtuellem Wissenstransfer und individualisiertem Wissenserwerb, 2008, Oldenbourg, München.
- [8] **Leclercq, D., Donnay J., De Bal R.** Construire un cours programmé. Bruxelles, 1977, Labor.
- [9] **Duckworth, E.** „The Having of Wonderful Ideas“ and other Essays on Teaching and Learning, Teachers College Press, 2nd ed., 2006, New York.
- [10] **Deroin, R.E., Fritzsche, B. Salas, E.** E-Learning in Organizations, Journal of Management, Sage, 2005, 31(6), 920-940.
- [11] **Novak, J., Canas, A. J.** The theory underlying concept maps and how to construct them, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01, Florida Inst. f. Human and Machine Cognition, 2006, Pensacola.
- [12] **Moon, B., Hoffman, R. R., Novak, J., Canas, A.** (Eds.). Applied concept mapping: Capturing, analyzing, and organizing knowledge. CRC Press; Boca Raton, FL. 2011.
- [13] **Markham, K. M., Mintzes, J. J., Jones, M. G.** The concept map as a research and evaluation tool: Further evidence of validity, in: Journal of research in science teaching, 1994, 31(1), 91-101.
- [14] **Novak, J. D.** Concept mapping: A useful tool for science education, in: Journal of research in science teaching, 1990, 27(10), 937-949.
- [15] **Kinchin, I. M.** Using concept maps to reveal understanding, in: School Science Review, 2000, 81(296), 41-46
- [16] **Peris-Ortiz, M., Benito-Osorio, D., Rueda-Armengot, C.** Applying Concept Mapping: A New Learning Strategy in Business Organisation Courses, in: Innovation and Teaching Technologies. New Directions in Research, Practice and Policy, eds. Peris-Ortiz, M. Garrigós-Simón, F.J., Gil Pechuán, I., 2014, Springer, Berlin, 41-49.
- [17] **Kolb, D.G., Shepherd, D.M.** Concept mapping organizational cultures, in: Journal Management Inquiry, 1997, 6 (4), 282–295.
- [18] **Collins, A.; Brown, J.-S., Holum, A.** Cognitive Apprenticeship: Making Thinking Visible, in: American Educator, American Federation of Teachers, 1991, 6(11), 38-46.
- [19] **Roth, W. M., Roychoudhury, A.** The social construction of scientific concepts or the concept map as conscription device and tool for social thinking in high school science, in: Science education, 1992, 76(5), 531-57.
- [20] **Roth, W. M., Roychoudhury, A.** The concept map as a tool for the collaborative construction of knowledge: A microanalysis of high school physics students, in: Journal of Research in Science Teaching, 1993, 30(5), 503-534.
- [21] **Coffey, J. W., Hoffman, R. R., Cañas, A. J., Ford, K. M.** A concept-map based knowledge modeling approach to expert knowledge sharing, in: Proceedings of IKS, Int. Conf. on Information and Knowledge Sharing, 2002, IASTED, 212-217.
- [22] **Dewey, J.** The School and Society and The Child and the Curriculum, University of Chicago Press, Chicago (reprints from 1900 and 1902).
- [23] **Kinchin, I. M., Alias, M.** Exploiting variations in concept map morphology as a lesson-planning tool for trainee teachers in higher education, in: Journal of In-service Education, 2005, 31(3), 569-592.
- [24] **Boland, R.J., Jr., Tenkasi, R.V.** Perspective Making and Perspective Taking in Communities of Knowing, in: Organization Science, 1995, 6(4), 350-372.
- [25] **McAleese, R.** The knowledge arena as an extension to the concept map: Reflection in action, in: Interactive Learning Environments, 1998, 6(3), 251-272.
- [26] **Hughes, G., Hay, D.** Use of concept mapping to integrate the different perspectives of designers and other stakeholders in the development of e-learning materials, in: British Journal of Educational Technology, 2001, 32(5), 557-569.

- [27] **Hwang, G. J., Shi, Y. R., Chu, H. C.** A concept map approach to developing collaborative Mindtools for context-aware ubiquitous learning, in: *British Journal of Educational Technology*, 2011, 42(5), 778-789.
- [28] **Hwang, G. J., Kuo, F. R., Chen, N. S., Ho, H. J.** Effects of an integrated concept mapping and web-based problem-solving approach on students' learning achievements, perceptions and cognitive loads, in: *Computers & Education*, 2014, 71, 77-86.
- [29] **Kinchin, I. M., Cabot, L. B., Hay, D. B.** Using concept mapping to locate the tacit dimension of clinical expertise: Towards a theoretical framework to support critical reflection on teaching, in: *Learning in Health and Social Care*, 2008, 7(2), 93-104.
- [30] **Fleischmann, A., Schmidt, W., Stary, C., Obermeier, S., Börger, E.** *Subject-oriented business process management*. Springer, 2012, Heidelberg.
- [31] **Weichhart, G.** *Der Dalton im e-Learning: Transformation einer Reformpädagogik ins Web*, 2014, Trauner, Linz
- [32] **Weske, M.** *Business Process Management. Concepts, Languages, Architectures*, 2nd ed., 2012, Springer, Heidelberg.
- [33] **Kinchin, I. M.** Concept Mapping as a Learning Tool in Higher Education: A Critical Analysis of Recent Reviews, in: *The Journal of Continuing Higher Education*, 2014, 62(1), 39-49.
- [34] **Novak, J.D., Gowin, D.B.** *Learning how to learn*, Cambridge University Press, 1984, NY.
- [35] **Trochim, W.M.K.** An introduction to concept mapping for planning and evaluation, in: *Evaluation Program Planning*, 1989, 12 (1), 1–16.
- [36] **Strauss, A.** Work and the Division of Labor, in: *The Sociological Quarterly*, 1985, 26(1), 1-19.
- [37] **O'Donnell, A.M., Dansereau, D.F., Hall, R.H.** Knowledge Maps as Scaffold for Cognitive Processing, *Educational Psychology Review*. 2002, 14(2), 71-86.
- [38] **Swan, J., Scarbrough, H., Newell, S.** Why don't (or do) organizations learn from projects?, in: *Management Learning*, 2010, 41(3), 325-344.
- [39] **Toral, S.L., Martinez-Torres, M.R., Barrero, F., Gallardo, S., Duran, M.J.** An electronic engineering curriculum design based on concept-mapping techniques, in: *International Journal of Technology and Design Education*, 2007, 17 (3), 341-356.
- [40] **Sandberg, J.** How do we justify knowledge produced within interpretive approaches?, in: *Organizational Research Methods*, 2005, 8 (1), 41–68.
- [41] **Lee, Y., Nelson, D. W.** Viewing or visualising—which concept map strategy works best on problem-solving performance?, in: *British Journal of Educational Technology*, 2005, 36(2), 193-203.
- [42] **Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Gómez, C., Eskridge, T.C., Arroyo, M., Carvajal, R.** Cmap-Tools: A knowledge modeling and sharing environment, in: *Concept maps: Theory, methodology, technology*, Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping, 2004, 1, 125-133.
- [43] **Oppl, S., Stary, Ch.** Tabletop concept mapping, in: *Proceedings 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, 2009, ACM, 275-282.
- [44] **Oppl, S., Stary, C.** Effects of a Tabletop Interface on the Co-construction of Concept Maps. In *Human-Computer Interaction*, in: *Proceedings INTERACT 2011*, Springer, Berlin, 443-460.
- [45] **Rentsch, J. R., Mello, A. L., Delise, L. A.** Collaboration and meaning analysis process in intense problem solving teams, in: *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 2010, 11(4), 287-303.
- [46] **Stary, Ch.** Non-disruptive knowledge & business processing in Knowledge Life Cycles – Aligning Value Network Analysis to process management, in: *Journal of Knowledge Management*, 2014, 18(4), 651-686.
- [47] **Haslhofer, B., Sanderson, R., Simon, R., van de Sompel, H.** Open Annotations on Multimedia Web Resources, in: *Multimedia Tools and Applications*, 2012, 12, 33-39.
- [48] **Weichhart, G.** Bridging the gap between qualitative, empirical work and software design, in: *Proc. 5th Int. Conf. on Concept Mapping*, 2012, 51-54.
- [49] **Weichhart, G.** S-BPM education on the Dalton Plan: an e-learning approach, in: *Proceedings S-BPM ONE – Education and Industrial Developments*, Springer, 2012, Berlin Heidelberg, CCIS 284, 181-193.
- [50] **Weichhart, G., Stary, Ch.** Traceable Pedagogical Design Rationales for Personalized Learning Technologies – An Interoperable System-to-System Approach, in: *Int. Journal of People Oriented Programming*, 2015, in print.
- [51] **Dewey, J.** *Progressive education and the science of education*, Progressive Education Association, 1928, New York.
- [52] **Parkhurst, H., Bassett, R., Eades, J., Rennie, B.** *Education on the Dalton plan*, 1924, Bell, London.
- [53] **Rye, J. A., Rubba, P. A.** An exploration of the concept map as an interview tool to facilitate the externalization of students' understandings about global atmospheric change, in: *Journal of Research in Science Teaching*, 1998, 35(5), 521-546.
- [54] **Middleton, J., Gorard, St., Taylor, Ch., Banan-Ritland, B.** The “Compleat” Design Experiment. From Soup to Nuts, in: *Handbook of Design Research Methods in Education. Innovations in Science, Technology, Engineering*

- and Mathematics Learning and Teaching, eds. Kelly, A.E., Lesh, R.A., Baek, J.Y., Routledge, 2008, New York, 21-46.
- [55] **Auinger, A., Auinger, F., Derndorfer, C., Hallewell, J., Stary, Ch.** Content Production for e-Learning in Engineering, in: iJET, Int. Journal of Emerging Technologies in Learning, 2007, 2(2), <http://www.i-jet.org>.
- [56] **Zaharieva, M., Klas, W.** MobiLearn: An Open Approach for Structuring Content for Mobile Learning Environments, in: Proceedings Web Information Systems, LNCS, Vol. 3307, 2004, Springer, Berlin, 114-124, DOI: 10.1007/978-3-540-30481-4_11.
- [57] **Clark, D.** Instructional systems design concept map, 2007, at <http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/ahold/isd.html>.
- [58] **Meder, N.** Didaktische Ontologien, in: Globalisierung und Wissensorganisation. Neue Aspekte für Wissen, Wissenschaft und Informationssysteme, eds: Ohly, H.P., Rahmstorf, H., Sigel, A., 2002, 401-416), Ergon, Würzburg.
- [59] **Meder, N.** (Ed.) Web-Didaktik: Eine neue Didaktik webbasierten, vernetzten Lernens. W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld. 2006.
- [60] **Schluep, S.** Modularization and Structured Markup for Web-based Learning Content in an Academic Environment, Shaker, Aachen. 2005.
- [61] **Chen, C. M.** Ontology-based concept map for planning a personalised learning path, in: British Journal of Educational Technology, 2009, 40(6), 1028-1058.
- [62] **Tseng, S. S., Sue, P. C., Su, J. M., Weng, J. F., Tsai, W. N.** A new approach for constructing the concept map, in: Computers & Education, 2007, 49(3), 691-707.
- [63] **Leake, A. V. D.** Jump-starting concept map construction with knowledge extracted from documents, in: Proceedings 2nd International Conference on Concept Mapping (CMC), 2006, 296-303.
- [64] **Larranaga, M., Elorriaga, J.A., Arruarte, A.** Semi-Automatic Generation of Didactic Resources from Existing Documents, in: Intelligent Tutoring Systems, eds. Woolf et al., Lecture Notes in Computer Science, 2008, Vol. 5091, Springer, Berlin, 728-730, DOI: 10.1007/978-3-540-69132-7_91.
- [65] **Schulmeister, R.** Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie, Didaktik, Design, Addison-Wesley, Bonn. 1996.
- [66] **Schulmeister, R.** Lernplattformen für das virtuelle Lernen. Evaluation und Didaktik, Oldenbourg, München. 2003.
- [67] **ADL** Sharable Content Object Reference Model (SCORM), <http://www.adlnet.org>, 2012.
- [68] **Leidig, T.** L3 – Towards an Open Learning Environment, in: ACM Journal of Educational Resources in Computing, 2001, 1 (1), article 5.
- [69] **Lazar, J.** The World Wide Web, in: The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, eds. J. Jacko, A. Sears, Mahaw, NJ: Lawrence Erlbaum, 2003, 714-730.
- [70] **Chase, W. G.** Visual Information Processing, in: Handbook of Perception and Human Performance, Vol. II: Cognitive Processes and Performance, eds. K.R. Boff, L. Kaufman, J.P. Thomas, John Wiley, New York, 1986, 28-1 - 28-71.
- [71] **Rovine, M. J., Weisman, G. D.** Sketch-map Variables as Predictors of Way-finding Performance, in: Journal of Environmental Psychology, 1989, 9, 217-232.
- [72] **Godwin, S., McAndrew, P., Santos, A.** Behind the Scenes of OpenLearn: The Challenges of Researching the Provision of Open E-Learning Resources, in: The Electronic Journal of E-Learning, 2008, 6(2), 139-148, www.ejel.org.
- [73] **Tham, Ch.W., Werner, J.M.** Designing and Evaluating E-Learning in Higher Education. A Review and Recommendations, in: Journal of Leadership and Educational Studies, 2005, 11(2), 15-25.
- [74] **Chen, N. S., Wei, C. W., Chen, H. J.** Mining e-Learning domain concept map from academic articles, in: Computers & Education, 2008, 50(3), 1009-1021.
- [75] **Sue, P. C., Weng, J. F., Su, J. M., Tseng, S. S.** A new approach for constructing the concept map, in: Proceedings IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2004, 76-80.
- [76] **Sumner, T., Ahmad, F., Bhushan, S., Gu, Q., Molina, F., Willard, S., Wright, M., Davis, L., Janée, G.** Linking learning goals and educational resources through interactive concept map visualizations, in: International Journal on Digital Libraries, 2005, 5(1), 18-24.
- [77] **Neubauer, M., Stary, Ch., Oppl, St.** Polymorph Navigation Utilizing Domain-specific Metadata: Experienced Benefits for e-Learners, in: Proceedings ECCE'11, 29th Annual European Conference on Cognitive Ergonomics, ACM, 2011, 45-52, DOI: 10.1145/2074712.2074722.
- [78] **Schmiech, M.** Didaktische Ontologien zur Organisation digitaler Objekte in der Arbeit von Lehrkräften, PhD Thesis. 2006, Flensburg.
- [79] **Fürlinger, St., Auinger, A., Stary, Ch.** Interactive Annotations in Web-based Learning Environments, in: Proceedings ICALT'04, 4th International Conference on Advanced Learning Technologies, 2004, IEEE, 360-364.

- [80] **Rudan, Sa., Rudan, Si.** SocioTM – Relevancies, Collaboration and Socio-knowledge in Topic Maps, eds. Maicher, L., Garshol, L.M., TMRA 2008 (Topic Map Research and Application), 285-299, Leipzig.
- [81] **Farmer, R. A., Hughes, B.** A Situated Learning Perspective on Learning Object Design, in: Proceedings of ICALT05, IEEE. 2005.
- [82] **Assareh, A., Hosseini Bidokht, M.** Barriers to e-teaching and e-learning, in: Procedia Computer Science, 2011, 3, 791-795.
- [83] **Hung, J.** Trends of e-learning research from 2000 to 2008: Use of text mining and bibliometrics, in: British Journal of Educational Technology, 2012, 43, 5-16.
- [84] **Yau, J., Lam, J., Cheung, K.S.** A review of e-Learning Platforms in the Age of e-Learning 2.0, Hybrid Learning and Education, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 5685, 2009, 208-217.
- [85] **Khalid, S.U., Basharat, A., Shahid, A.A., Hassan, S.** An adaptive E-learning Framework to supporting new ways of teaching and learning, in: Proceedings Int. Conf. on Information and Communication Technologies, 2009, 300-306.
- [86] **Alario-Hoyos, C., Bote-Lorenzo, M.L., Gómez-Sánchez, M.L., Asensio-Pérez, J.I., Vega-Gorgojo, G., Ruiz-Calleja, A.** GLUE!: An architecture for the integration of external tools in Virtual Learning Environments, Computer and Education, 2013, 60, 122-137.
- [87] **Zardas, G.** The Importance of integrating Learning Theories and Pedagogical Principles in AHES (Adaptive Hypermedia Educational Systems), in: Proceedings Int. Conf. On Advanced Learning Technologies, ICALT'08, IEEE. 2008.
- [88] **Parkhurst, H.** Education On The Dalton Plan, 1923, 2010, nabu Press.
- [89] **Tiropanis, Th., Millard, D., Davis, H.C.** Guest Editorial: Special Section on Semantic Technologies for Learning and Teaching Support in Higher Education, in: IEEE Transactions on Learning Technologies, IEEE, 2012, 5(2), 102-103
-

ОНТОЛОГИИ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ

К. Стари^{1,a}, М. Нойбауэр^{1,b}, Ст. Оппл^{1,c}, Г. Вейчарт²

¹ Кафедра информационных бизнес систем и технической кибернетики университета Иоганна Кеплера, Линц, Австрия, www.ce.jku.at, ^aChristian.Stary@jku.at, ^bMatthias.Neubauer@jku.at, ^cStefan.Oppl@jku.at

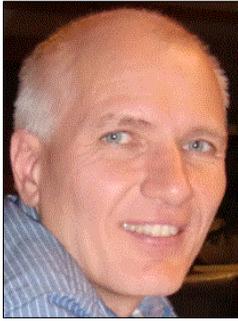
² *Profactor GmbH, Штейр, Австрия, www.profactor.at, Georg.Weichhart@profactor.at*

Аннотация

Электронное обучение и управление знаниями становятся всё более интерактивными и богатыми контентом. Они включают социальный, когнитивный и технологический аспекты. Концептуальные карты – эффективный способ создания и организации знаний для обмена контентом и инициации поведения в процессе обучения и развития. В силу того, что структура концептуальных карт проста и процедуры доступны для понимания, заинтересованные лица могут получать выгоду от описательных возможностей концептуальных карт. Они позволяют представлять не только релевантную информацию, но также раскрывать различные взгляды на элементы информации. Таким образом, возможна передача значимого контента и характеристик для взаимодействия. Мы демонстрируем неинвазивное применение концептуальных карт к проектированию сред обучения, ориентированных на пользователя. Подход охватывает вопросы от формирования облика образовательных проектов и разметки дидактического контента до целенаправленной навигации и отслеживаемых проектных пространств. Мы используем метаданные для кодирования образовательных устремлений при поддержке обучения. Их обработка может быть совмещена с существующими функциями систем поддержки обучения, включая социальные сети. Как показали наши исследования, за счёт понимания процесса разработки такого приложения как процесса обучения, концептуальное моделирование обеспечивает системное понимание при контекстно-зависимом проектировании.

Ключевые слова: онтологический инжиниринг, концептуальная карта, электронное обучение, генерация знаний, представление знаний, карта тем, обмен знаниями, прогрессивное образование, самостоятельное изучение материала, проектирование, ориентированное на пользователя, проектное пространство, распределенные системы.

Сведения об авторах



Кристиан Стари (1960 г.р.) - руководитель кафедры информационных бизнес систем и технической кибернетики и Центра компетенций управления знаниями университета Иоганна Кеплера в г. Линц. После завершения диссертации по направлению «проектирование интерактивных систем» в Венском технологическом университете несколько лет работал в качестве приглашенного профессора в ряде университетов США и Европы. Является членом Института управления инновационными процессами (www.i2pm.net), поддерживающего самостоятельные инновации в эко системах. Президент Международного Совета по управлению знаниями (www.ickm.net) и Австрийского общества организационного обучения (www.sol-austria.at). Как главный исследователь международных научно-исследовательских проектов, К. Стари управляет созданием и обменом междисциплинарными знаниями, в то время как его команда разрабатывает системы поддержки обучения, ориентированные на заинтересованных лиц. Недавно Кристиан Стари был назначен главным редактором Международного журнала науки о взаимодействиях издательства Шпрингер.

Professor Christian Stary (b. 1960) is currently head of the Department of Business Information Systems – Communications Engineering, and head of the JKU Knowledge Management Competence Center at the Johannes Kepler University of Linz. After finishing his PhD studies at Vienna University of Technology on Interactive Systems Engineering he has held several visiting professor positions in the US and Europe. He is engaged in international research and development communities such as the Institute of Innovative Process Management (www.i2pm.net) to foster sustainable innovations of eco systems. He is acting president of the International Council of Knowledge Management (www.ickm.net) and the Society of Organizational Learning Austria (www.sol-austria.at). As principal investigator of international research and development projects he manages transdisciplinary knowledge creation and transfer with his team targeting stakeholder-centered learning support and distributed systems development. Recently, Christian Stary has been appointed editor-in-chief of the International Journal of Interaction Science published by Springer.



Матиас Нойбауэр (1982 г.р.) - научный сотрудник и руководитель проектов на кафедре информационных бизнес систем и технической кибернетики университета Иоганна Кеплера (JKU) в г. Линц. Матиас принимал участие в различных исследовательских проектах кафедры, таких как TwinTide (<http://www.twintide.org/>), IANES (<http://ianes.eu/>) или Comprehand. После защиты диссертации в JKU он начал работать в качестве координатора проектов в рамках EU FP7 Project “Subject-Oriented for People-Centred Production” (www.so-pc-pro.eu). Сфера его научных интересов охватывает вопросы проектирования ICT для промышленности с ориентацией на пользователя. Особое внимание уделяется совершенствованию рабочего места человеко-центрической рабочей среды в контексте фабрик будущего.

Dr. Matthias Neubauer (b. 1982) is researcher and project coordinator at the Department of Business Information Systems – Communications Engineering of the Johannes Kepler University Linz (JKU). Matthias contributed to various international research projects at the department like TwinTide (<http://www.twintide.org/>), IANES (<http://ianes.eu/>) or Comprehand. After finishing his PhD at JKU, he started to work as project coordinator for the EU FP7 Project “Subject-Oriented for People-Centred Production” (www.so-pc-pro.eu). His current research interest is the human-centred design of ICT support for industry. Particular emphasis is placed on human-centred workplace improvement in the context of factories of the future.



Стефан Оппл (1980 г.р.) - доцент кафедры информационных бизнес систем и технической кибернетики в университете Иогана Кеплера г. Линц, Австрия. Имеет опыт работы в компьютерных науках (MSc), в области управления знаниями (MBA), защитил докторскую диссертацию по компьютерным наукам в Техническом университете Вены в 2010 году. С 2003 работает научным сотрудником в университете Иоганна Кеплера (JKU) в г. Линц. В своих ранних работах он изучал контекстно-зависимые системы поддержки групп и системы поддержки мобильного обучения. С 2006 года разрабатывает средства для поддержки совместной работы и экстернализации знаний, а также согласования процессов в организационной среде. Стефан Оппл участвовал в нескольких европейских проектах и в настоящее время является координатором и ведущим научным сотрудником проекта EU FP7 Project “Subject-Oriented for People-Centred Production”,

координировал проект трансфера инноваций Леонардо да Винчи FARAW (www.faraw.eu) и программой SURGEOM (www.surgeom.eu).

Stefan Oppl (b. 1980) is an assistant professor at the Department of Business Information Systems - Communications Engineering at the Johannes Kepler University of Linz, Austria. He has a background in computer science (MSc) and applied knowledge management (MBA) completed his PhD in computer science at the Technical University of

Vienna in 2010. Since 2003, he is working as a researcher at the Kepler University of Linz. In his early research, he has been working in the area of context-aware group support and mobile learning support systems. Since 2006, he is developing means to support collaborative work and knowledge externalization and alignment processes in organizational settings. He has been involved in several national and EU-funded research project and currently is the coordinator and lead scientist of the EU FP7-funded research project IANES (www.ianes.eu). He has also coordinated the Leonardo-da-Vinci Transfer-of-Innovation project FARAW (www.faraw.eu) and the Erasmus Intensive Programme SURGEOM (www.surgeon.eu).



Георг Вейчарт (1972 г.р.) - научный сотрудник Profactor GmbH, Австрия. В проекте, результаты которого изложены в статье, он выполнял роль научного сотрудника и лектора на кафедре информационных бизнес систем и технической кибернетики в университете Йогана Кеплера (JKU) г. Линц, Австрия. Он выступил как опытный научный сотрудник в проекте IANES IAPP и Metasonic GmbH, работая над интероперабельностью и «субъектоориентированным управлением бизнес-процессами». До этого он обучался в университете Ланда, университете Вены и защитил диссертацию в JKU г. Линц. Помимо академических должностей, он также работал в качестве старшего инженера-программиста и руководителя проектами в частных компаниях. Также он участвовал в качестве старшего научного сотрудника и архитектора программного обеспечения во

многих европейских исследовательских проектах. Его текущее исследование связано с разработкой ICT для сложных адаптивных организационных систем. Особое внимание уделяет электронному обучению и функциональной совместимости. Георг Вейчарт – вице-председатель технического комитета IFAC 5.3: «Корпоративная интеграция и сети», а также член совета IFIP Work Group 5.8: «Корпоративная совместимость».

Dr. Georg Weichhart (b 1972) is key researcher at Profactor GmbH in Austria. During the work presented in this article, he has been researcher and lecturer at the Business Information Systems – Communications Engineering Department of the Johannes Kepler University Linz (JKU). He has been applied through the IANES IAPP project as experienced researcher at Metasonic GmbH working on interoperability and “Subject-Oriented Business Process Management”. Before this, he has been studying at Lund University, Vienna University and received his PhD from JKU Linz. Besides academic positions he worked as senior software engineer and project manager at private companies. In addition to this, he has been participating as senior researcher and software architect in numerous European research projects. His current research interest is ICT support for complex adaptive organisational systems. Particular emphasis is placed on e-learning and interoperability. Georg Weichhart is Industry Vice-Chair of the IFAC Technical Committee 5.3: “Enterprise Integration and Networking”. He is also member of the board of the IFIP Work Group 5.8: “Enterprise Interoperability”.

ОНТОЛОГИЯ ЗАДАЧ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.С. Клещев¹, Е.А. Шалфеева²

Институт автоматизации и процессов управления РАН, Владивосток, Россия

¹kleshev@iacp.dvo.ru, ²shalfe@iacp.dvo.ru

Аннотация

Приведён обзор литературы, представляющей классификации задач, решаемых интеллектуальными системами, описания задач и формальные постановки задач. Показана актуальность построения классификации задач, основанной на общих принципах, единой и точно определённой с помощью математического аппарата терминологии. Предложен математический аппарат, позволяющий вводить математические абстракции для всех содержательных понятий, используемых в постановках задач. Предложена многоуровневая классификация задач, в которой базовая классификация задач выражена достаточно абстрактно. Далее на более низких уровнях абстракции введены и формально представлены частные свойства предметных областей и предложены уточнённые постановки задач и новые характерные задачи.

Ключевые слова: интеллектуальная деятельность, экспертная система, классификация задач, постановка задачи.

Введение

К настоящему времени выполнено немало исследований и обзорных работ, претендующих на представление классификации всех типов разных задач, решаемых экспертными системами (ЭС). Однако заметно, что подход к классификации почти у всех авторов этих работ интуитивен, нет единства ни в количестве, ни в спектре названий разных задач, ни в отнесении их к аналитическим либо синтетическим. Иногда это связано с тем, что авторы «проецируют» известные задачи на отдельные предметные области (ПрО) с их свойствами и особенностями. Более того, описываются перечисляемые задачи в разных терминах, что затрудняет понимание и сравнение их содержания. Изредка встречающиеся постановки задач обычно недостаточно формальны, представлены в содержательных терминах, часто ориентированных на отдельные ПрО. Это затрудняет проведение системного анализа для автоматизации произвольной интеллектуальной деятельности, где обычно стремятся выделить отдельные подзадачи, постановки которых известны. Поэтому целью работы является введение многоуровневой классификации известных интеллектуальных задач с их постановками в едином формализме, позволяющем уточнять задачи в зависимости от уточнений свойств ПрО, в которых они появляются.

1 Известные классификации задач интеллектуальной деятельности

Проблематика экспертных систем была актуальна в 1970-80-е годы. Множество публикаций (Уотермана, Лената, Хейеса-Рота, Кленси и др.) было посвящено обсуждению того, для решения каких задач следует разрабатывать экспертные системы. Во многих этих работах был выдвинут тезис, что возможно более полный обзор таких задач может позволить разработать методы их решения и перейти в этой области от искусства разработки эксперт-

ных систем к технологии. В этот период были предложены некоторые классификации задач интеллектуальной деятельности, постановки и описания отдельных задач.

И в более позднее время продолжали публиковаться новые исследования, дающие свои версии классификации задач и их описаний. Они вносили вклад в развивающуюся инженерию знаний и предназначались для целей обучения [1, 2], а также для инженеров-программистов, нуждающихся в практическом руководстве по экспертным системам, подкреплённом теоретическим материалом [3]. Настоящий обзор систематизирует основные достижения в этой области.

1.1 Описания различных задач

Чаще всего задачи интеллектуальной деятельности обсуждаются при отсутствии их формальных постановок. Обычно даётся только описание задач - характерные особенности, отличающие их от других задач. При этом даже наиболее «распространённые» задачи описываются по-разному.

1.1.1 Распространённые задачи

Характеризуя задачи *анализа* и *синтеза* авторы делают акценты на разных особенностях получения их решения. В задачах *анализа* требуется [4] определить неизвестные характеристики\свойства системы\модели объекта. Результатом задач синтеза считается построение модели объекта\системы (по заданным условиям) [5] или изменение его\её конструкции [4]. В [1] задачи *синтеза* отличаются по построению\конструированию решений из частей (компонент или подпроблем), при этом множество решений потенциально не ограничено в отличие от задач *анализа*. *Аналитические* системы предполагают выбор решений из множества известных альтернатив [1], а *синтетические* системы - генерацию неизвестных решений [6].

Интерпретация (данных) это: определение «смысла данных», результаты которого должны быть согласованными и корректными [1]; формирование описания ситуаций по результатам наблюдений [7]; подготовка объяснений для наблюдаемых данных [2]; определение «сущности» рассматриваемой ситуации [6]. Под это описание подпадают два разных случая. В первом случае данные являются невербальными. Это визуальные образы, звуковые сигналы и т.п., противопоставляемые чётким символьным представлениям проблемной ситуации [8]. Во втором случае данные представляют собой символьные представления - набор признаков и их значений.

Обычно **диагностика** определяется как обнаружение в системе неисправностей [1] некоторого класса или отклонения параметров системы от нормативных [9], но нередко даётся и другое описание этой задачи - выявление причин, приведших к возникновению ситуации [2, 4]. При этом авторы отмечают использование при решении этой задачи знаний о типичных для системы парах сигналов «стимул/реакция» [4] или о влиянии «факторов» на внешние свойства функционирующей системы [6].

Мониторинг описывается как непрерывная интерпретация данных в реальном времени и сигнализация о выходе тех или иных параметров за допустимые пределы [1]. Кленси связывает мониторинг с обнаружением «отклонения в поведении», получаемом в ответ на поданный сигнал, но не указывает явно на реальное время для этого процесса [4]. Иногда мониторинг определяется, как не экспертная, а измерительная задача (слежение за текущей ситуацией [6]), предполагающая сочетание с другими, уже экспертными задачами, такими как: диагностика, прогнозирование, планирование и коррекция (действий пользователей) [6].

Разные авторы по-разному описывают задачу **прогнозирование**: предсказание хода событий в будущем (на основании модели прошлого и настоящего) [7]; предсказание последствий некоторых событий или явлений (на основании анализа имеющихся данных) [1]; предска-

ние последствий развития текущих ситуаций (на основе математического и эвристического моделирования) [6]. Задача прогнозирования связывает описание некоторых характеристик будущего поведения объекта с описанием прошлого поведения [10]. Более того, иногда прогнозирование относят к «комбинированным» задачам, т.е. и к задачам анализа, и к задачам синтеза [1, 9].

Описания задачи **проектирования** у разных авторов похожи друг на друга [11]. Проектирование – это определение конфигурации объектов [6], или синтез потенциальной структурной конфигурации [12], или выбор конфигурации многокомпонентных систем [3], или построение структурной организации компонентов [4], которая удовлетворяет заданным ограничениям и критериям. Аналогично проектирование по [13] состоит в построении по спецификации такого проекта, по которому можно будет произвести объект или систему. Таково же содержание большинства определений понятия «проектирование» (от термина *projectus*), анализируемых в [14], хотя большинство англоязычных источников для задач искусственного интеллекта используют термин «design» («designing»).

Описания задачи **планирования** у разных авторов также похожи друг на друга: выбор последовательности действий по достижению поставленной цели [3, 6], или «нахождение планов действий» для объектов-исполнителей [1], или упорядочение возможных действий для достижения заданного суммарного эффекта [15], или поиск последовательности операторов, которая преобразует начальную ситуацию в конечную [16]. В описаниях этой задачи шаги плана рассматриваются как компоненты конфигурируемого решения [3]. План не обязательно рассматривается как последовательность действий; иногда рассматривается их частичный порядок.

1.1.2 Менее распространённые задачи

У Кленси **управление** - это «простая задача» определения того, какие входные сигналы следует подать на вход системы, чтобы получить её желаемую реакцию, опираясь на её известные характеристики [4]. Важен акцент на том, что «управлять можно тем, что есть», поэтому «управление» рассматривается как процесс принятия решений в существующей системе [14]. Многие описания задачи управления довольно абстрактны: функция, поддерживающая определённый режим деятельности сложных систем [9, 17]; обеспечение выполнения процесса. На практике поддержка определённого режима функционирования системы связана с определением управления как составной задачи: интерпретация, прогноз, планирование, моделирование, оптимизация выработанных решений, мониторинг [9] или как расширение задачи мониторинга [6]. Согласно [7] «адаптивное управление поведением сложных человеко-машинных систем» «составлено» из двух задач: прогнозировать появление возможных сбоев и планировать действия, необходимые для их предупреждения. Кроме того, «управляющая система может применяться для контроля, диагностики, прогнозирования и планирования, может следить за окружающей обстановкой, распознавать происходящие события, выдавать прогноз и составлять план действий [18].

Иногда **управление** сводят к **принятию решений** [6]. Но поддержка принятия решений выделяется и в самостоятельную задачу обеспечения необходимой информацией и рекомендациями, помогающими выбрать и/или сформировать нужную альтернативу среди множества выборов при принятии ответственных решений [1].

Задача **коррекции** - выработка рекомендаций по устранению неисправностей [9] или определение действий по исправлению отклонений от нормального состояния [9]. *Наладочные* системы предназначены для выработки рекомендаций по устранению неисправностей в контролируемой системе.

Системы *оказания помощи при ремонте* оборудования выполняют планирование процесса устранения неисправностей в сложных объектах [7]. Но сам *ремонт* – это устранение неисправностей по предписанному плану [17]. «Отладку» вместе с *диагностикой* иногда рассматривают как единую задачу [1, 6]. Задача «*постановка диагноза и выбор определённых действий*» [17] трактуется как пара задач *диагностика* и *отладка* или *диагностика* и *лечение*.

Ряд авторов описывают задачу *определения принадлежности ситуации к некоторому классу*, при этом называют её по-разному: задача распознавания различных ситуаций [6], *классификация* [19], диагностика - процесс соотнесения объекта с некоторым классом объектов [1]. Часто взаимозаменяемо используются названия *классификация* и *диагностика*, поясняя, что решение задачи классификации – главный компонент диагностики [19].

Обучение традиционно рассматривается как составная задача. При обучении диагностируют ошибки при изучении какой-либо дисциплины и подсказывают правильные решения; либо диагностируют слабости в познаниях обучаемых и находят соответствующие средства для их ликвидации, планируют акт общения с учеником в зависимости от успехов ученика с целью передачи знаний [1]. Системы обучения проводят анализ знаний студентов по определённому предмету, отыскивают пробелы в знаниях и предлагают средства для их ликвидации [7].

1.1.3 Редкие задачи

Иногда при обсуждении спектра решаемых задач упоминается необходимость *определения того, какой информации не хватает*, чтобы получить множество решений. Обычно такую задачу совмещают с той задачей, для решения которой не хватает информации [6, 10]. Задачу *доопределения информации* мы относим к редким задачам из-за того, что она многими упоминается, но никем не определяется и даже не описывается.

Задача *извлечения информации из первичных данных* [3] по своему названию близка к *интерпретации*. Под *структурным анализом сложных объектов* [3] тоже обычно понимают интерпретацию. Также можно считать редкой задачу *идентификации*, как в [4] названа достаточно абстрактная *задача анализа*, отличающаяся от других использованием в качестве анализируемой информации пар сигналов «стимул/реакция».

Концептуальное проектирование – это синтез структурной конфигурации, удовлетворяющей некоторым ключевым ограничениям [12]; *анализ проекта* – моделирование выбранной структурной конфигурации и определения «вытекающих» из неё внешних качеств; *детальное проектирование* - выбор и распределение структурных компонентов, удовлетворяющих применимым ограничениям [12].

Планирование сборки – это поиск плана реализации спроектированной системы из отдельных её компонентов [4].

Диспетчирование - распределение работ во времени, составление расписаний [6].

Из описания «систем экспертного типа» ясно, что отдельно могут быть рассмотрены задачи *критики принятых решений*. Постановки таких задач не приводятся, но указывается на их полезность, как минимум, в учебном процессе [20]. Такие системы поддерживают сравнительный анализ гипотез и выбор решения.

Параллельно с разными типами задач анализа и синтеза, решаемыми с использованием заранее построенных баз знаний, другие авторы определяют задачи *построения баз знаний*. В [10] задачи построения знаний определяются, как задачи классификации, регрессии и прогнозирования в разных областях человеческой деятельности. Результат решения таких задач - математические модели зависимости свойств объекта от его атрибутов и воздействий на него с помощью обучения по прецедентам [10]; разделение множества объектов на непересекающиеся классы; оценка регрессии.

1.2 Постановки задач

В работах обычно отсутствуют формальные постановки задач; однако имеются отдельные работы, в которых описывается, что в задаче дано, и что нужно найти [11].

Постановка задачи поиска плана действий применительно к интегральным роботам в [16] заключается в следующем. Дано: начальная ситуация (объект, состояние), конечная, или целевая ситуация (объект, состояние); множество операторов, преобразующих одну ситуацию в другую. Найти: такую последовательность операторов, которая преобразует начальную ситуацию в конечную. Примеры постановок трёх задач приводятся в [13].

Задача диагностики. Дано: ситуация ненормального функционирования; необычные проявления; стандартный набор диагностических тестов. Найти: известные категории болезней, объясняющие причины признаков, и рекомендовать методы лечения.

Задача проектирования. Дано: спецификация проектируемого объекта или системы; стандартные аналитические тесты на систему и компоненты; возможные компоненты, их свойства и взаимосвязи между ними. Найти: объект или систему, которая удовлетворяет этой спецификации.

Задача планирования. Дано: спецификация достигаемого результата; отдельные действия. Найти: план, который достигает результат, удовлетворяющий этой спецификации.

Задача диагностики [21]. Дано: медицинские знания о наблюдениях, их нормальных значениях; знания о причинно-следственных связях между заболеваниями и наблюдениями, между событиями и наблюдениями, между событиями и заболеваниями; результаты наблюдений больного (значения наблюдавшихся анатомо-физиологических особенностей, значения наблюдавшихся признаков, произошедшие события). Найти: диагноз пациента, указать причину каждого заболевания (этиологию или осложнение) и объяснить все полученные значения наблюдений.

Детерминированная задача поиска знаний для фиксированной модели зависимости между значениями признаков объектов и их классами. Дано: обучающая выборка (конечное множество объектов, каждый из которых задан значениями признаков и классом, которому он принадлежит). Найти: решающее правило, которое объекту, заданному значениями признаков, правильно сопоставляет класс, которому этот объект принадлежит [22].

Наличие таких постановок позволяет видеть различие и общие черты разных задач.

1.3 Классификации задач

Классификация задач имеет целью установить некоторые отношения между ними. Говоря о разных экспертных задачах, авторы чаще всего базируются на дихотомии «задача анализа и задача синтеза» [4, 15]. Эти два «класса» задач различают «по способу формирования решения» [6] (см. рисунок 1). Следующий уровень в классификациях разных авторов отличается.

В [1] *задачами анализа* считаются: *интерпретация данных, диагностика, поддержка принятия решения*, а *синтеза* - *проектирование, планирование, управление*, как показано на рисунке 2. Задачи *мониторинга, предсказания и обучения* отнесены автором к комбинированным задачам, причём задача *предсказания* отнесена к комбинированным в связи с тем, что при её решении часто нет возможности выбрать решение из множества известных альтернатив.

В [4] *задачи анализа* различаются «по анализируемой информации». Вводятся подклассы задач *управления, предсказания и идентификации*: в каждом из трёх подклассов задачи анализа требуется найти значения одного из членов тройки <входные сигналы, реакция, характеристики системы> при известных двух других. Далее предлагается ввести ещё один уро-

вень, на котором подклассы задачи идентификации различаются получаемым результатом: *мониторинг* и *диагностирование* (см. рисунок 3).

К задачам *синтеза* все авторы относят задачи *проектирования* и *планирования* [12], которые принято рассматривать на одном уровне [12, 13]. В [1] к ним добавляется *управление* (рисунок 2). В [6] к *синтезирующим* (для динамической ПрО) отнесены не только *проектирование* (определение конфигурации), *планирование* (выбор последовательности действий) и *диспетчирование* (составление расписаний), но и *управление*, а также *прогнозирование*, *мониторинг* [6] (см. рисунок 4).

В [4] *проектирование* дополнено *спецификацией* и *планированием сборки* (рисунок 5). Под спецификацией понимается *специфицирование нового состояния существующей системы* (здесь автор проводит аналогию между задачей «специфицировать цели» и задачей «планировать», предшествующей созданию графика работ).

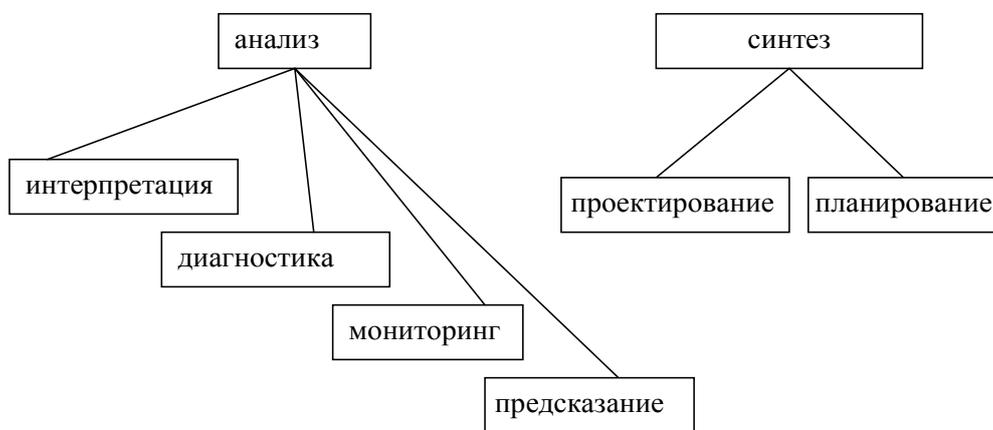


Рисунок 1 – Наиболее распространенная классификация задач

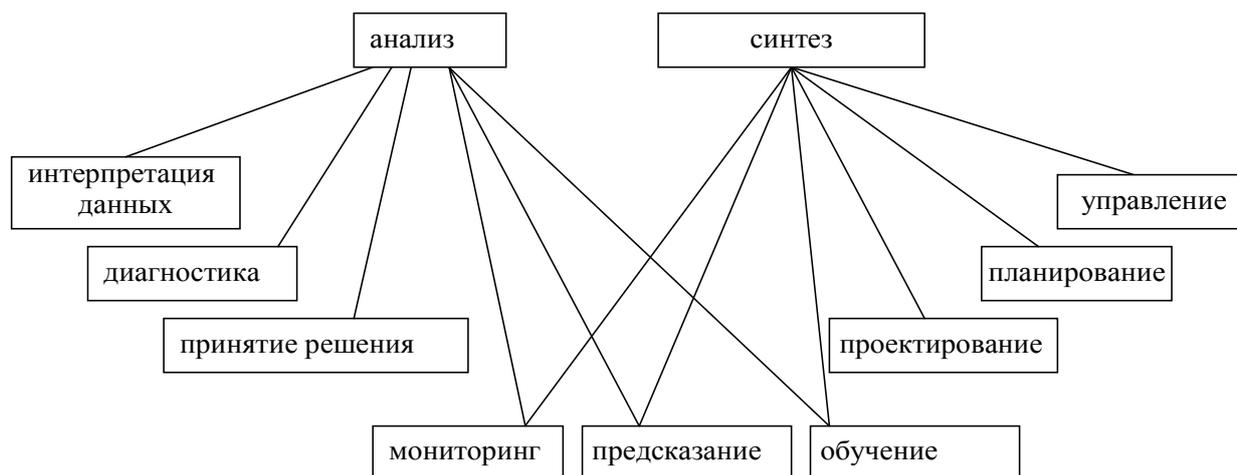


Рисунок 2 – Классификация задач в [1]



Рисунок 3 – Иерархия «родовых аналитических операций» (по Кленси) [3]

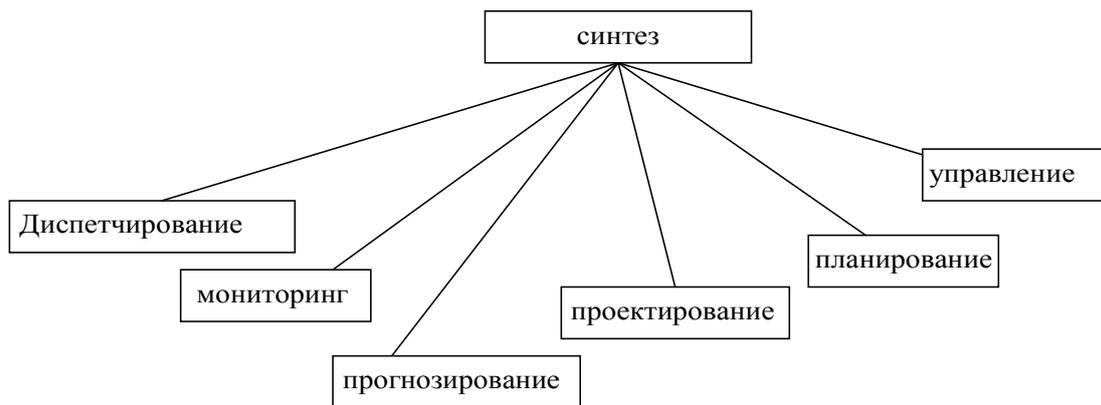


Рисунок 4 – Классификация проблемных областей синтезирующих динамических ЭС в [6]

Планирование же поставлено в [4] на следующий уровень классификации (туда же ставят планирование и другие, как отмечается в [3] со ссылкой на Reichgelt и van Harmelen), трактуя *планирование* как «проектирование последовательности операций». Стоящие «под» *проектированием* задачи *конфигурирование* и *планирование* рассматриваются либо как альтернативные задачи, либо как пара взаимосвязанных задач.

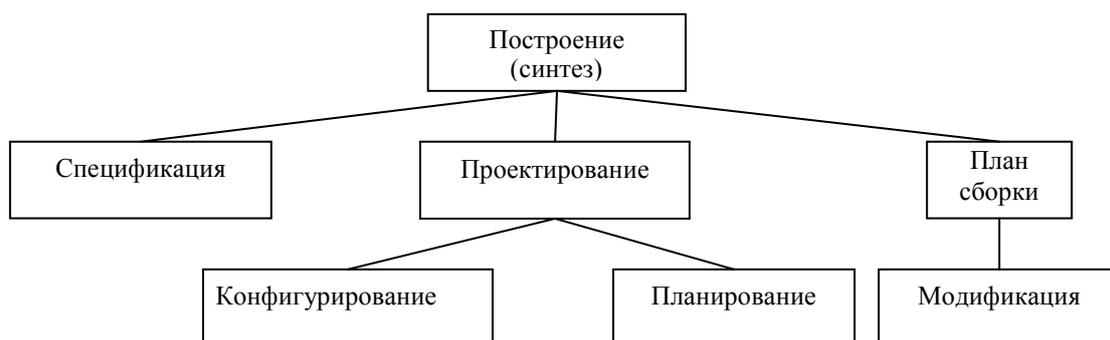


Рисунок 5 – Иерархия «родовых синтетических операций» (по Кленси) [3]

Авторы часто отмечают, что реальные задачи являются составными, определяемыми на базе простых, указанных в их классификациях. Но мнения о том, какие задачи и из каких «составляются», весьма различны. Задача *выработки рекомендаций о курсе лечения* в системе MYCIN включает мониторинг состояния пациента, диагностирование категории заболевания, идентификацию микроорганизмов и модификацию состояния пациента [3].

Согласно [6] *коррекция* – это диагностика, дополненная возможностью оценки и рекомендации действий по исправлению отклонений от нормального состояния рассматриваемых ситуаций, а *управление* – это мониторинг, дополненный реализацией действий. Мониторинг, дополненный другими операциями в реальных системах, рассматривается в [7] как часть диагностической системы. Задачей *диагностики* считается не только сопоставление диагностическому случаю известной категории болезней и поиск вероятного объяснения (причины) признаков, но и рекомендации по методам лечения [13]. *Отладка*, как считают, эквивалентна диагнозу плюс модификации [4].

Таким образом, до сих пор не предложено общепризнанной стройной классификации известных задач интеллектуальной деятельности.

2 Необходимость другого подхода к построению классификации и представлению задач

Приведённый обзор литературы показывает что, несмотря на то, что к настоящему времени выполнено немало исследований и обзорных работ, претендующих на представление полной классификации задач, решаемых интеллектуальными системами, почти все авторы основывают свои подходы к классификации на собственной интуиции, не пытаясь апеллировать к тем или иным фундаментальным основам. Более того, задачи описываются в разных терминах, что затрудняет сравнение их содержания. Крайне редко встречаются более или менее формальные постановки задач.

Поэтому актуальным является построение классификации задач интеллектуальной деятельности, основанной на некоторых общих принципах, единой и точно определённой с помощью математического аппарата терминологии. В настоящей работе предлагается математический аппарат, позволяющий вводить математические абстракции для всех содержательных понятий, используемых в постановках задач. В этих терминах базовая классификация задач может быть выражена достаточно абстрактно. Далее, вводятся и формально представляются различные, более частные свойства ПрО и предлагаются постановки задач на более низких уровнях абстракции или новые характерные задачи, опирающиеся на эти частные свойства. Такой подход к классификации делает её открытой для расширения.

3 Задачи индукции и дедукции

Введём математические абстракции для основных терминов, используемых в инженерии знаний, используя аппарат алгебраических систем [23].

Математической абстракцией понятия «терминология ПрО» будем считать многосортную сигнатуру $\Sigma = \{O, F, Pr\}$, где:

O – множество предметных символов, для каждого из которых указан сорт его возможных значений (термины, денотатами которых являются значения);

F – множество функциональных символов, для каждого из которых указаны сорта аргументов и значения функции (термины, денотатами которых являются функциональные соответствия),

Pr – множество предикатных символов, для каждого из которых указаны сорта аргументов предиката (термины, денотатами которых являются отношения).

Примечание. Функции и отношения, являющиеся интерпретациями (денотатами) функциональных и предикатных символов, могут зависеть от времени, координат пространства и других характеристик.

Математической абстракцией понятия «онтология ПрО» будем считать пару $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, состоящую из сигнатуры Σ и множества предложений (аксиом) A_{Σ} на логическом языке сигнатуры Σ , представляющих те свойства терминов онтологии, которые определяются соглашениями.

Математической абстракцией понятия «база знаний, согласованная с онтологией» (БЗ), будем считать непустое множество предложений KB_{Σ} на логическом языке сигнатуры Σ , представляющих те свойства ПрО, которые получены путём индукции или дедукции, при условии, что множество предложений $A_{\Sigma} \cup KB_{\Sigma}$ непротиворечиво и никакое предложение из KB_{Σ} не является логическим следствием предложений из A_{Σ} . KB_{Σ} может содержать в том числе и знания эксперта ПрО.

Математической абстракцией понятия «ситуация ПрО, согласованная с онтологией», будем считать алгебраическую систему (АС) AS_{Σ} сигнатуры Σ , относительно которой все предложения из множества A_{Σ} истинны. Примером ситуации может быть и некоторая система как «множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определённую целостность» [24].

Будем называть *задачей интеллектуальной деятельности* задачу, в постановке которой в качестве входных данных и/или результатов присутствуют согласованные с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$ БЗ KB_{Σ} и АС AS_{Σ} . Рассмотрим разные классы задач интеллектуальной деятельности, называемые далее для краткости просто *задачами*.

В зависимости от того, требуется ли найти БЗ или она задана, можно различать *задачи индукции* и *дедукции* (рисунок 6).

В задаче индукции по обучающей выборке (заданному множеству задач с известными решениями) требуется сформировать такую БЗ, относительно которой все задачи обучающей выборки решаются правильно.

Дано: множество $\{AS_{\Sigma}\}$ АС, согласованных с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$.

Найти: KB_{Σ} , согласованную с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, такую, что относительно каждой АС из $\{AS_{\Sigma}\}$ все предложения из KB_{Σ} истинны.

Комментарий: $\{AS_{\Sigma}\}$ является математической абстракцией множества задач с известными решениями, т.е. абстракцией обучающей выборки.

Среди *задач дедукции* выделим задачи *поиска гипотез* и *критики гипотезы*.

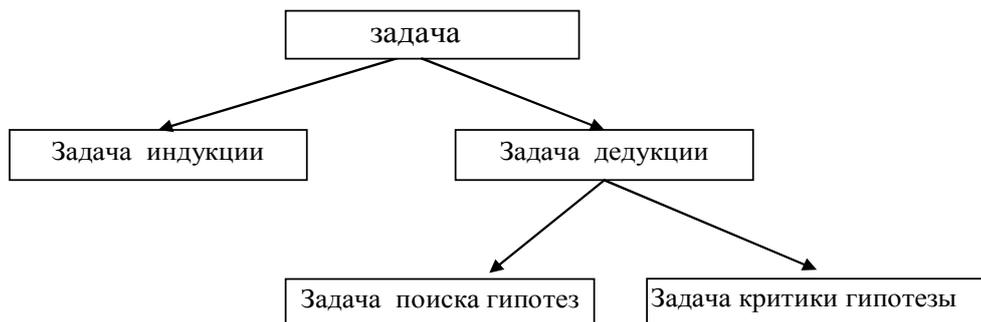


Рисунок 6 – Задачи индукции и дедукции

В задаче поиска гипотез требуется найти все гипотезы, соответствующие БЗ.

Дано: KB_{Σ} , согласованная с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$.

Найти: все АС сигнатуры Σ , удовлетворяющие условию: все предложения из множества $A_{\Sigma} \cup KB_{\Sigma}$ являются истинными относительно каждой из этих АС.

Комментарий: искомые АС являются математической абстракцией гипотез.

В задаче критики гипотезы требуется проверить соответствие заданной гипотезы БЗ.

Дано: AS_{Σ} , KB_{Σ} , согласованные с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$.

Найти: те предложения из множества KB_{Σ} , которые ложны относительно заданной AS_{Σ} (или показать, что таких предложений нет).

4 Задачи анализа результатов наблюдений и анализа условий на решения

Обозначим R_{Σ} подмножество предметных символов $O_1 \subseteq O$ сигнатуры Σ вместе с их значениями (интерпретациями), и подмножества функциональных символов $F_1 \subseteq F$ и предикатных символов $Pr_1 \subseteq Pr$, для которых заданы их частичные (возможно, не на всей области их определения) интерпретации.

Обозначим $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$ такую алгебраическую систему сигнатуры Σ , что предметные символы из O_1 имеют в $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$ такую же интерпретацию, что и в R_{Σ} , а интерпретация функциональных символов из F_1 и предикатных символов из Pr_1 в $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$ является расширением их интерпретации в R_{Σ} , и относительно которой все предложения из множества A_{Σ} их интерпретации в R_{Σ} , и относительно которой все предложения из множества A_{Σ} истинны.

Будем считать R_{Σ} математической абстракцией результатов наблюдения ситуации, согласованных с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, если существует АС $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$; при этом АС $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$ может рассматриваться в качестве математической абстракции объяснения результатов наблюдения ситуации, согласованного с онтологией.

Математической абстракцией условий на результат решения задачи, согласованных с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$ и обозначаемых далее C_{Σ} , является множество предложений на логическом языке сигнатуры Σ такое, что множество предложений $A_{\Sigma} \cup C_{\Sigma}$ непротиворечиво.

В зависимости от того, заданы ли в качестве входных данных результаты наблюдения ситуации R_{Σ} или условия на решение задачи C_{Σ} , можно различать задачи анализа результатов наблюдений и задачи анализа условий на решения (рисунок 7).

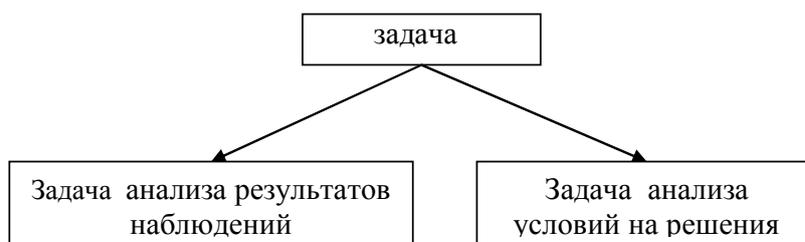


Рисунок 7 – Задачи анализа результатов наблюдений и анализа условий на решения

Задачи, рассмотренные выше, являются слишком абстрактными и, поэтому, мало реалистичными. Более полезным является подмножество декартова произведения этих двух множеств задач, которое приводит к следующим группам задач (таблица 1).

Задача поиска БЗ по обучающей выборке ситуаций, представленных результатами наблюдений рассматривается как комбинация задачи индукции и задачи анализа результатов наблюдений, в которой каждый элемент обучающей выборки представляет собой результаты наблюдения некоторой ситуации: по такой обучающей выборке требуется сформировать такую БЗ, согласованную с онтологией, что по каждому элементу обучающей выборки может быть построена модель ситуации, согласованная с онтологией и результатами наблюдений, которая соответствует БЗ.

Дано: обучающая выборка $\{R_{\Sigma}\}$ (множество элементов, каждый из которых представлен результатами наблюдений некоторой ситуации, согласованными с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$).

Найти: KB_{Σ} , согласованную с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, такую, что для каждого элемента R_{Σ} обучающей выборки существует АС $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$, относительно которой все предложения из KB_{Σ} истинны.

Таблица 1 – Классификация основных задач

информация в задаче \ цель задачи	индукция	поиск гипотез	критика гипотезы
заданы результаты наблюдений	поиск БЗ по обучающей выборке ситуаций, представленных результатами наблюдений	поиск гипотез, объясняющих результаты наблюдений	критика объяснения результатов наблюдений
заданы условия на решения	-	проектирование	критика проекта

Задача поиска гипотез, объясняющих результаты наблюдений рассматривается как комбинация задачи поиска гипотез и задачи анализа результатов наблюдений, в которой кроме БЗ заданы и результаты наблюдений ситуации: требуется найти все гипотезы, соответствующие результатам наблюдений и БЗ.

Дано: KB_{Σ} , согласованная с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, R_{Σ} , согласованная с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$.

Найти: все такие АС $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$, что все предложения из множества $A_{\Sigma} \cup KB_{\Sigma}$ являются истинными относительно каждой из этих АС.

Комментарий: в этой постановке искомые $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$ являются математической абстракцией объяснений результатов наблюдения ситуации, согласованных с БЗ.

Задача проектирования рассматривается как комбинация задачи поиска гипотез и задачи анализа условий на решение, в которой кроме базы знаний задано непустое множество условий на результат решения задачи: требуется найти все проекты, соответствующие БЗ и условиям на решение задачи.

Дано: KB_{Σ} , согласованная с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, C_{Σ} (непустое), при условии: $A_{\Sigma} \cup KB_{\Sigma} \cup C_{\Sigma}$ непротиворечиво.

Найти: все такие $\{AS_{\Sigma}\}$, относительно которых все предложения из $A_{\Sigma} \cup KB_{\Sigma} \cup C_{\Sigma}$ являются истинными.

Комментарий: AS_{Σ} является математической абстракцией проекта.

Задача критики объяснения результатов наблюдений рассматривается как комбинация задачи критики гипотезы и задачи анализа результатов наблюдений, в которой кроме базы знаний даны результаты наблюдения ситуации и их объяснение: требуется установить несоответствие объяснения результатов наблюдения БЗ или подтвердить их соответствие.

Дано: KB_{Σ} , согласованная с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, R_{Σ} согласованное с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$, согласованная с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$.

Найти: те предложения из множества KB_{Σ} , которые ложны относительно $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$, или показать, что таких предложений нет.

Комментарий: $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$ является математической абстракцией объяснения результатов наблюдения R_{Σ} .

Задача критики проекта рассматривается как комбинация задачи *критики гипотезы* и задачи *анализа условий на решение*, в которой требуется проверить соответствие проекта БЗ и условиям, которым он должен удовлетворять.

Дано: KB_{Σ} , согласованная с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, C_{Σ} , согласованное с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, AS_{Σ} , при условии: множество предложений $A_{\Sigma} \cup KB_{\Sigma} \cup C_{\Sigma}$ непротиворечиво.

Найти: те предложения из множества $KB_{\Sigma} \cup C_{\Sigma}$, которые ложны относительно заданной AS_{Σ} (или показать, что таких предложений нет).

Комментарий: AS_{Σ} является математической абстракцией критикуемого проекта.

5 Задачи, связанные с классификацией

Во многих ПрО существуют классификации ситуаций и решаются задачи, учитывающие эти классификации. В таких задачах в сигнатуру Σ входит предметный символ «класс», область возможных значений которого состоит из конечного множества значений $\{класс_1, \dots, класс_i, \dots, класс_n\}$, а в БЗ KB_{Σ} входят предложения о свойствах ситуаций каждого класса.

Поставленные выше группы задач имеют свои уточнения; возникает также новая задача, учитывающая классификацию ситуаций (рисунок 8).

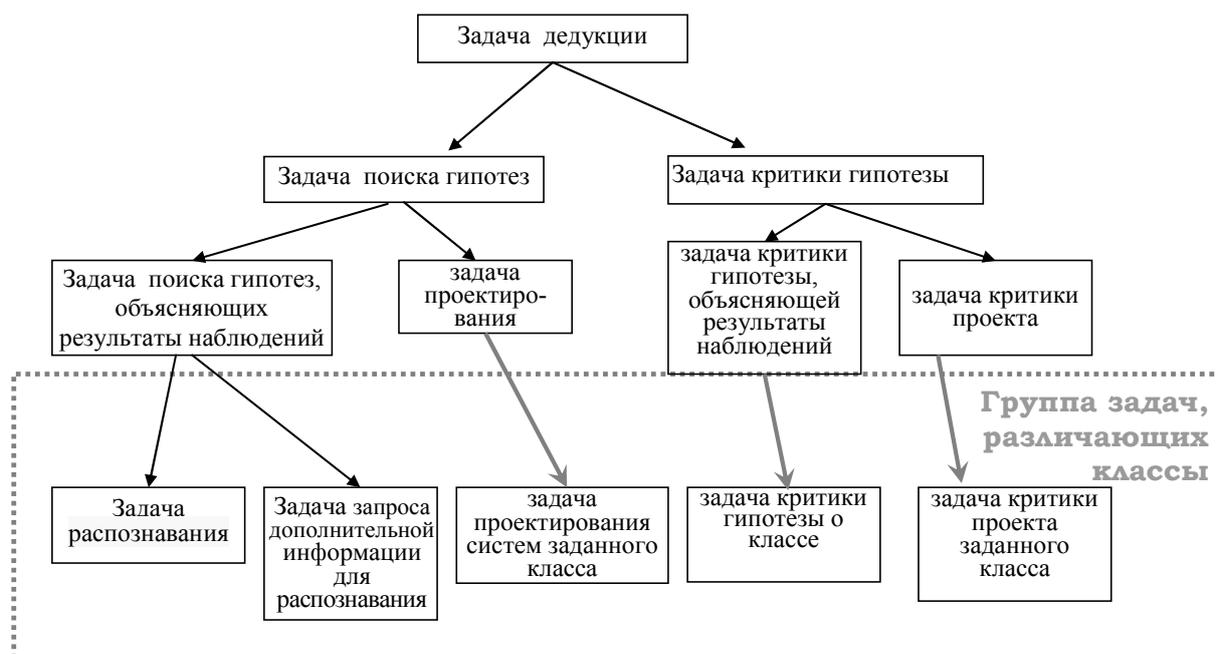


Рисунок 8 – Варианты задач дедукции, учитывающих классификации ситуаций или систем

Задача формирования знаний о классах по обучающей выборке ситуаций, представленных результатами наблюдений рассматривается как уточнение задачи *поиска БЗ по обучающей выборке ситуаций, представленных результатами наблюдений*, в которой элементами обучающей выборки являются не только результаты наблюдения различных ситуаций, но и класс, к которому относится каждая ситуация.

Дано: обучающая выборка $\{\langle R_{\Sigma}, класс = класс_i \rangle\}$, каждый из элементов которой представлен парой, состоящей из результатов наблюдений некоторой ситуации и значением $класс_i$ предметного символа «класс» для этой ситуации.

Найти: KB_{Σ} , такую, что для каждого элемента обучающей выборки $\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_i \rangle$ существует $AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_i \rangle)$, относительно которой все предложения из KB_{Σ} истинны.

Комментарий: $\{\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_i \rangle\}$ является математической абстракцией множества правильно классифицированных ситуаций, заданных результатами наблюдений; $AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_i \rangle)$ является математической абстракцией объяснения классификации ситуации, заданной результатами наблюдений; KB_{Σ} является математической абстракцией БЗ, содержащей описания свойств классов.

Задача распознавания рассматривается как уточнение задачи *поиска гипотез*, объясняющих результаты наблюдений, в которой требуется найти все гипотезы о классе ситуации, описанной результатами наблюдений.

Дано: KB_{Σ} , R_{Σ} , согласованные с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$.

Найти: множество $H_{R,KB,\Sigma} = \{\text{класс}_{i1}, \dots, \text{класс}_{im}\}$, состоящее из всех таких значений предметной переменной «класс», что существуют АС $AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_{i1} \rangle)$, ..., $AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_{im} \rangle)$, относительно каждой из которых все предложения из множества $A_{\Sigma} \cup KB_{\Sigma}$ являются истинными.

Комментарий: АС $\{AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_i \rangle)\}$ являются математическими абстракциями объяснения различных классификаций одних и тех же результатов наблюдений.

Будем говорить, что БЗ KB_{Σ} удовлетворяет условию делимости классов, если для любой пары $\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_i \rangle$, для которой существует такая АС $AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_i \rangle)$, относительно которой все предложения из KB_{Σ} истинны, и в KB_{Σ} существуют ложные предложения относительно любой АС $AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}, \text{класс} = \text{класс}_j \rangle)$, при любом $j \neq i$.

Математической абстракцией запроса дополнительной информации, обозначаемого далее Q_{Σ} , для результатов наблюдения R_{Σ} , согласованных с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, является: либо предметный символ $o \in O \setminus O_1$; либо терм $f(c_1, \dots, c_k)$, где c_1, \dots, c_k – константы, а f – функциональный символ сигнатуры Σ , причём если $f \in F_1$, то $\langle c_1, \dots, c_k \rangle$ не принадлежит частичной области определения символа f , заданной в R_{Σ} ; либо формула $p(c_1, \dots, c_k)$, где c_1, \dots, c_k – константы, а p – предикатный символ сигнатуры Σ , причём если $p \in Pr_1$, то $\langle c_1, \dots, c_k \rangle$ не принадлежит частичной области определения символа p , заданной в R_{Σ} .

Математической абстракцией ответа на запрос Q_{Σ} , обозначаемый далее AQ_{Σ} , является либо значение предметного символа o , либо значение терма $f(c_1, \dots, c_k)$, либо значение формулы $p(c_1, \dots, c_k)$, такие, что существует такая АС $AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}, AQ_{\Sigma} \rangle)$, что ни одно из предложений A_{Σ} не является ложным относительно $AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}, AQ_{\Sigma} \rangle)$.

Задача запроса дополнительной информации для распознавания рассматривается по аналогии с последовательным статистическим анализом. В ней по результатам наблюдений ситуации, для которых существует более одной гипотезы о классе, требуется предложить дополнительное наблюдение ситуаций, которое гарантированно позволит сократить множество гипотез.

Дано: KB_{Σ} , удовлетворяющая условию делимости классов, R_{Σ} , такое, что для него множество $H_{R,KB,\Sigma}$ имеет мощность не меньше двух.

Найти: такой запрос Q_{Σ} дополнительной информации для результатов R_{Σ} , согласованных с онтологией $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$, что если R'_{Σ} есть R_{Σ} , объединенное с AQ_{Σ} , то множество $H_{R',KB,\Sigma}$ имеет меньшую мощность, чем множество $H_{R,KB,\Sigma}$.

Комментарий: множество $H_{R,KB,\Sigma}$ является математической абстракцией множества гипотез о классе ситуации, полученных на основе БЗ KB_Σ и результатов наблюдений R_Σ , а множество $H_{R',KB,\Sigma}$ является математической абстракцией множества гипотез о классе ситуации, полученных на основе БЗ KB_Σ и результатов наблюдений R_Σ , дополненных результатами ответа AQ_Σ на запрос Q_Σ дополнительной информации.

Задача проектирования систем заданного класса является уточнением задачи проектирования. В ней требуется по БЗ и множеству условий на результат решения найти проект системы заданного класса.

Дано: KB_Σ , значение $класс_m$ предметного символа «класс», C_Σ .

Найти: все такие $\{AS_\Sigma (<класс = класс_m>)\}$, относительно которых все предложения из $A_\Sigma \cup KB_\Sigma \cup C_\Sigma$ являются истинными.

Комментарий: найденные $\{AS_\Sigma (<класс = класс_m>)\}$ являются математической абстракцией множества проектов заданного класса $класс_m$.

Задача критики гипотезы о классе рассматривается как уточнение задачи критики объяснения результатов наблюдений. В ней требуется проверить соответствие заданной гипотезы о принадлежности ситуации заданному классу БЗ.

Дано: KB_Σ и R_Σ , согласованные с $\langle \Sigma, A_\Sigma \rangle$, значение $класс_i$ предметного символа «класс», $AS_\Sigma (<R_\Sigma, класс = класс_i>)$.

Найти: те предложения из множества KB_Σ , которые ложны относительно $AS_\Sigma (<R_\Sigma, класс = класс_i>)$, или показать, что таких предложений нет.

Комментарий: $AS_\Sigma (<R_\Sigma, класс = класс_i>)$ является математической абстракцией объяснения принадлежности результатов наблюдения R_Σ классу $класс_i$.

Задача критики проекта заданного класса рассматривается как уточнение задачи критики проекта, в которой задан класс проектируемой системы.

Дано: KB_Σ , C_Σ , согласованные с $\langle \Sigma, A_\Sigma \rangle$, значение $класс_i$ предметного символа «класс», $AS_\Sigma (<класс = класс_i>)$.

Найти: те предложения из множества $KB_\Sigma \cup C_\Sigma$, которые ложны относительно заданной $AS_\Sigma (<класс = класс_i>)$, или показать, что таких предложений нет.

6 Задачи для систем, состоящих из компонентов

Во многих ПрО анализируются или проектируются системы, состоящие из компонентов, и решаются задачи, учитывающие эти компоненты и отношения между ними (в том числе пространственные). В таких задачах в сигнатуре Σ присутствуют символы для обозначения компонентов и отношений между ними; A_Σ описывает множества таких свойств компонентов и отношений, которые определяются соглашениями специалистов ПрО. В БЗ KB_Σ и в условиях на результат решения задачи C_Σ присутствуют предложения о свойствах таких символов, получаемые индуктивным или дедуктивным путем.

Уточнением задач проектирования для этого случая являются задачи конфигурирования (или сборки). Постановка задачи конфигурирования совпадает с постановкой задачи проектирования, при условии, что результатом решения задачи является множество всех таких $\{AS_\Sigma\}$, которые описывают конфигурацию системы с помощью символов, обозначающих компоненты и отношения. AS_Σ является математической абстракцией проекта конфигурации создаваемой системы (в литературе обычно называемого спецификацией).

Аналогичные уточнения имеют место и для *задач поиска гипотез, объясняющих результаты наблюдений, критики объяснения результатов наблюдений и критики проекта.*

7 Задачи, в которых существенную роль играет время

Некоторые задачи связаны с онтологиями, которые обязательно содержат термины, денотаты которых являются функциональными соответствиями и отношениями, зависящими от времени. В таких задачах в сигнатуру Σ входят функциональные и предикатные символы, зависящие от *времени* (эти символы являются математической абстракцией атрибутов динамической системы или ситуации, зависящих от времени, одним из которых часто является *состояние*). В постановках *задач анализа результатов наблюдений* R_Σ содержит кортежи значений таких символов, и в A_Σ , KB_Σ и C_Σ присутствуют предложения, использующие такие символы.

Множества функциональных и предикатных символов сигнатуры Σ , зависящих от *времени*, будем обозначать F_t и Pr_t . Пусть $\{r_{t1}, \dots, r_{tm}\}$ - подмножество символов из $F_t \cup Pr_t$, для которых заданы их интерпретации в некоторые моменты времени.

Функциональный терм (атомную формулу) с таким символом ($r_{ij} \subseteq F_t \cup Pr_t$), одним из аргументов которой является момент t , обозначим через $r_{ij}(\dots, t, \dots)$. Функциональные термы (атомные формулы) символа r_{ij} , аргумент которых, соответствующий моментам времени, имеет значения t_0, \dots, t_k , обозначим через $\{r_{ij}(\dots, t_0, \dots), \dots, r_{ij}(\dots, t_k, \dots)\}$. Если функциональные термы (атомные формулы) $\{r_{t1}(\dots, t_0, \dots), \dots, r_{t1}(\dots, t_k, \dots), \dots, r_{tm}(\dots, t_0, \dots), \dots, r_{tm}(\dots, t_k, \dots)\}$ вместе с их значениями входят в R_Σ , то в этом случае вместо R_Σ будем использовать обозначение $R_\Sigma(t_0, \dots, t_k)$. Функциональный терм (атомную формулу) символа q' с аргументом t' , соответствующим моменту времени (в который значение терма или формулы неизвестно), обозначим через $q'(\dots, t', \dots)$.

Постановки задач поиска гипотез, объясняющих результаты наблюдений, критики объяснения результатов наблюдений и др. для динамической ситуации не меняются, но уточняются за счёт того, что интерпретация некоторых символов зависит от времени. В ПрО, различающих классы ситуаций, значения которых зависят от времени, такими уточняющими задачами становятся задача распознавания класса ситуации, описанной результатами динамических наблюдений, и задача запроса дополнительной информации для распознавания класса динамической ситуации (рисунок 9).

Задачи проектирования (и критики проекта) могут ставиться для динамических систем (а не только для статических систем). Среди символов сигнатуры для проектов динамических систем должны быть функциональные и/или предикатные символы, которые зависят от времени. Эти символы используются при описании динамических свойств компонентов в БЗ KB_Σ и при задании условий C_Σ на конкретную проектируемую систему. Таким образом, в *задачах проектирования* динамической системы в C_Σ присутствуют формулы, отражающие динамические свойства системы. Кроме уточнённых задач для динамических систем возникают и новые задачи.

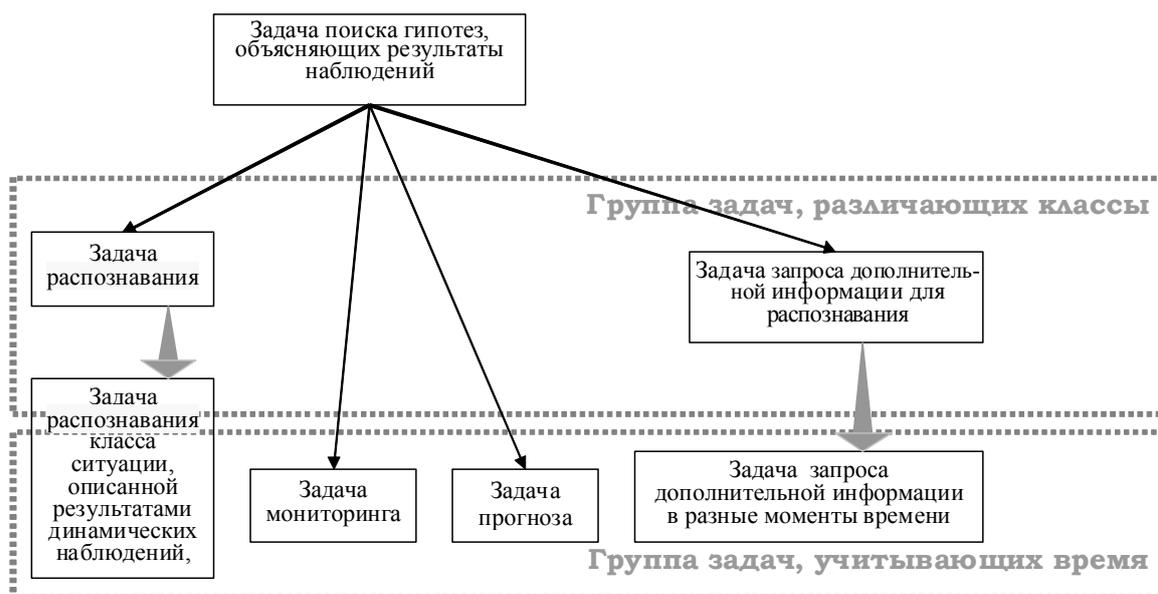


Рисунок 9 – Схема изменения спектра возможных задач в зависимости от характеристик ПрО

Задача прогноза – уточнение задачи поиска гипотез, объясняющих результаты наблюдений, в которой по значениям функциональных термов (атомных формул), зависящих от времени, заданным в некоторые моменты времени t_0, \dots, t_k (обычно – по результатам наблюдений за динамической системой) требуется определить значения этого или другого функционального терма (атомной формулы) для заданного момента времени t' , отличного от t_0, \dots, t_k (чаще - для будущего момента) при заданных значениях остальных аргументов (если они есть).

Дано: KB_{Σ} , согласованная с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$; упорядоченное множество моментов времени $\{t_0, \dots, t_k\}$; $R_{\Sigma}(t_0, \dots, t_k)$; $t' \notin \{t_0, \dots, t_k\}$; $q' \in F_t \cup Pr_t$.

Найти: все такие значения функционального терма (атомной формулы) $q'(\dots, t', \dots)$, для каждого из которых существует такая АС $AS_{\Sigma}(\langle R_{\Sigma}(t_0, \dots, t_k), q'(\dots, t', \dots) \rangle)$, что все предложения из KB_{Σ} истинны относительно неё.

Комментарий: если $t' > t_k$, то речь идёт о прогнозе на будущее; если же $t' < t_k$, то речь идет о «ретроспективном» прогнозе.

Если в ПрО динамике рассматриваемых ситуаций соответствует конечное множество состояний $\{\text{состояние}_1, \dots, \text{состояние}_i, \dots, \text{состояние}_n\}$, то функциональный символ «состояние», зависящий от времени, начинает «играть роль» предметного символа «класс». При этом частным случаем задачи прогноза становится задача прогноза состояния динамической системы; в ней требуется найти значение функционального символа «состояние» в интересующий момент времени.

Наряду с задачей распознавания состояния системы, которая может быть рассмотрена для динамической системы, имеет место задача распознавания в реальном времени такого момента, когда ситуация требует принятия некоторых мер. Такое состояние системы иногда называют «критическим», отличным от нейтрального, а задачу распознавания такого состояния - задачей мониторинга. В этом случае в сигнатуру должен входить некоторый выделенный предикатный символ критическое состояние.

В задаче мониторинга требуется по результатам наблюдения динамической системы определить, является ли состояние системы критическим.

Дано: KB_{Σ} , согласованная с $\langle \Sigma, A_{\Sigma} \rangle$; $R_{\Sigma}(t_0, \dots, t_k)$.

Найти: такое значение атомной формулы *критическое состояние* (t_k), для которого существует такая АС $AS_{\Sigma} (<R_{\Sigma}(t_0, \dots, t_k), \text{критическое состояние } (t_k)>)$, что все предложения из KB_{Σ} истинны относительно неё.

Для динамической системы уточнением задачи поиска БЗ по обучающей выборке ситуаций, представленных результатами наблюдений является *задача поиска БЗ по обучающей выборке ситуаций, представленных результатами наблюдений* динамической системы, постановка которой получается заменой $\{R_{\Sigma}\}$ на $\{R_{\Sigma}(t_0, \dots, t_k)\}$.

8 Задачи, связанные с планированием действий

Во многих ПрО решаются задачи, рассматривающие действия (упорядоченные хотя бы частично), приводящие к некоторой заданной цели. В таких задачах в сигнатуру Σ входят символы для обозначения действий (из конечного множества названий *действий* в рамках ПрО).

Обозначим D множество *действий*, которые можно выполнять над системой. Выполнение действия изменяет текущее состояние системы, вызывая тем самым переход её в новое *состояние*. Обозначим S – множество возможных состояний системы, над которой выполняются действия из D . Действие $d \in D$ есть функция, отображающая S в S . Каждое *действие* характеризуется *предусловием* (условием на состояние, в котором его можно применять) и *постусловием* (условием на состояние, возникающее после выполнения действия). Обозначим $\phi_{pred}^j(s)$ - предусловие для действия d^j , а $\phi_{post}^j(s)$ - постусловие, соответственно, (аргумент s обозначает состояние, в котором вычисляется значение соответствующей формулы). В БЗ каждое действие d^j представлено парой $<\phi_{pred}^j, \phi_{post}^j>$.

План связывает *действия с состояниями*, начиная от *начального* и завершая *целевым* (конечным) состоянием. При планировании «с классическими допущениями», когда мир полностью наблюдаем и статичен, а действия детерминированы, дискретны и недопустимо их параллельное исполнение, (линейный) план представляет собой последовательность действий, которая позволяет достичь цели из начального состояния [15].

Будем называть *линейным планом* кортеж $<s_0, d_1, d_2, \dots, d_{n-1}, d_n>$, для которого существует такой кортеж состояний $<s_0, s_1, s_2, \dots, s_{n-1}, s_n>$ и АС $AS_{\Sigma} (<s_0, s_1, s_2, \dots, s_{n-1}, s_n>)$, относительно которой справедливы предложения:

$$\phi_{pred}^1(s_0), \phi_{post}^1(s_1), \phi_{pred}^2(s_1), \phi_{post}^2(s_2), \dots, \phi_{pred}^n(s_{n-1}), \phi_{post}^n(s_n).$$

Кортеж $<s_0, d_1, d_2, \dots, d_{n-1}, d_n>$ является математической абстракцией последовательности действий, ведущих к переходу через множество состояний, начиная от начального и завершая *целевым* (конечным) состоянием.

В задаче линейного планирования требуется определить множество *линейных планов*, выполнение которых приводит к достижению *целевого состояния*, удовлетворяющего заданному *условию*, начиная от заданного *начального состояния*. *Задача планирования* - расширение *задачи проектирования*, точнее - *проектирования систем заданного класса* (класса «последовательность действий») (рисунок 10).

Дано: $D \subseteq F; \{\langle \phi_{pred}^j(s) \Rightarrow \phi_{post}^j(d_j(s)) \rangle | d_j \in D\} \subseteq KB_{\Sigma}, s_0 \in S; \phi_{fin}(s) \subseteq C_{\Sigma}$.

Найти: линейный план $<s_0, d_1, d_2, \dots, d_{n-1}, d_n>$, для которого существует АС $AS_{\Sigma} (<s_0, s_1, s_2, \dots, s_{n-1}, s_n>)$, относительно которой справедливы все предложения из KB_{Σ} , предложение $\phi_{fin}(s_n)$, а также все другие предложения из C_{Σ} .

Постановка *задачи планирования* усложняется в случае невыполнения «классических допущений». Будем называть планом с параллельным выполнением действий ориентирован-

ный граф G , метками вершин которого являются состояния из множества S , а метками дуг – действия из множества D . Граф содержит одну начальную вершину, в которую не входит ни одной дуги, одну конечную вершину, из которой не выходит ни одной дуги. Любая вершина этого графа лежит на некотором пути из начальной вершины в конечную. Для графа существует АС $AS_{\Sigma}(\langle G \rangle)$, относительно которой: если в этом графе из вершины с меткой s выходят дуги с метками d_1, \dots, d_n , то справедливы предложения $\varphi^1_{pred}(s), \varphi^2_{pred}(s), \dots, \varphi^n_{pred}(s)$; если в этом графе из вершины с меткой s_1 выходит дуга с меткой d , входящая в вершину с меткой s_2 , то справедливы предложения $\varphi^d_{pred}(s_1)$ и $\varphi^d_{post}(s_2)$; а если в этом графе в вершину с меткой s входят дуги с метками d_1, \dots, d_n , то справедливы предложения $\varphi^1_{post}(s), \varphi^2_{post}(s), \dots, \varphi^n_{post}(s)$.

Задачи планирования с параллельным выполнением действий.

Дано: $D \subseteq F; \{ \langle \varphi^j_{pred}(s) \Rightarrow \varphi^j_{post}(d_j(s)) \rangle | d_j \in D \} \subseteq KB_{\Sigma}; s_0 \in S; \varphi_{fin}(s) \subseteq C_{\Sigma}$.

Найти: план с параллельным выполнением действий G , у которого начальная вершина имеет метку s_0 и для которого существует АС $AS_{\Sigma}(\langle G \rangle)$, относительно которой справедливы все предложения из KB_{Σ} , и если конечная вершина имеет метку s_n , то справедливо предложение $\varphi_{fin}(s_n)$, а также все другие предложения из C_{Σ} .

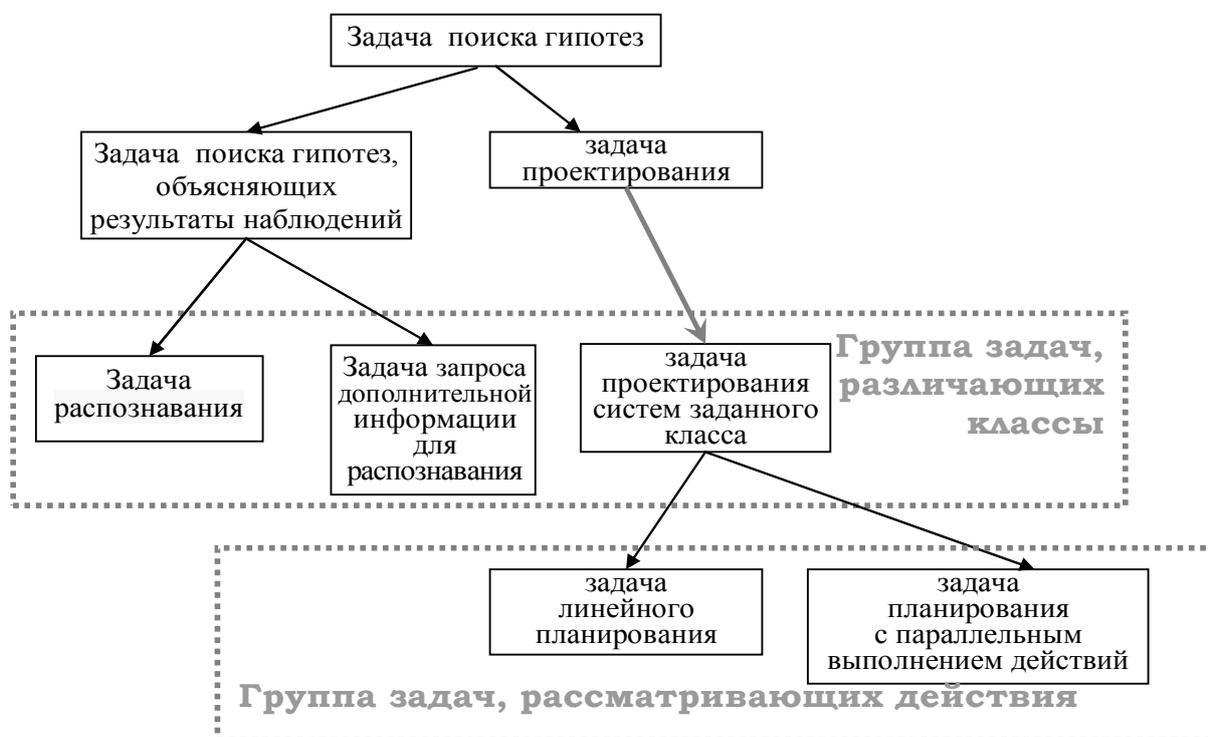


Рисунок 10 - Схема возможных задач поиска гипотез, включающая задачи планирования

В ПрО, рассматривающих планирование, также уточняется и *задача критики плана*.

9 Группа задач, связанных с причинно-следственными отношениями

В ряде ПрО решаются задачи относительно систем, в которых во времени протекают процессы, связанные между собой посредством причинно-следственных отношений.

Процессы, протекающие в такой системе, условно можно разделить на внешние (*наблюдаемые*) и *внутренние* (которые не могут наблюдаться непосредственно и о которых можно

судить лишь по их связям с наблюдаемыми процессами). Наблюдаемые процессы обычно называют *признаками*, признаки имеют значения, которые получаются в результате наблюдения этих признаков и изменяются с течением времени. Помимо признаков наблюдаемыми могут быть постоянные во времени *характеристики* системы и происходящие в различные моменты времени *события*, внешние по отношению к системе, но воздействующие на протекающие в ней процессы (как внешние, так и внутренние) [25].

Причинно-следственные отношения между множеством причин и множеством следствий включают:

- отношения между внутренними и внешними процессами (причинами являются внутренние процессы, а следствиями - признаки);
- отношения между внутренними процессами (причинами являются внутренние процессы, а следствиями – другие внутренние процессы);
- отношения между событиями и внешними процессами (причинами являются события, а следствиями – признаки);
- отношения между событиями и внутренними процессами (причинами являются события, а следствиями – внутренние процессы);
- смешанные отношения (причинами являются внутренние процессы и события, а следствиями – признаки) [25].

Сигнатура Σ содержит:

- для каждого внутреннего процесса - функциональный символ, зависящий от времени, значение которого есть состояние процесса (обозначим множество всех таких функциональных символов F_{in});
- для каждого внешнего процесса – функциональный символ, зависящий от времени, значение которого есть значение признака (обозначим множество всех таких функциональных символов F_{ex});
- для каждой характеристики системы – предметный символ, значение которого есть значение характеристики системы;
- для каждого события – функциональный символ, зависящий от времени (с дискретной областью определения), значение которого есть характеристики произошедшего в соответствующий момент события (обозначим множество всех таких функциональных символов F_{ev});
- для каждого причинно-следственного отношения – предикатный символ, зависящий от времени, остальными аргументами которого являются *причины, воздействующие факторы и следствия*, представленные обозначающими их символами сигнатуры (обозначим множество всех таких предикатных символов P_c).

В БЗ KB_{Σ} каждому причинно-следственному отношению соответствует предложение вида $\forall t p_c(\dots, t) \Rightarrow \varphi(\dots, t)$, где $p_c \in P_c$, а $\varphi(\dots, t)$ - формула (причинная закономерность), устанавливающая соответствие между значениями причин, характеристик системы и значениями следствий этого отношения (аргументов отношения p_c) на некотором интервале времени от начала действия причин и до окончания их действия.

Часть внутренних процессов, протекающих в системе, является присущей системе и протекает в ней постоянно (эти процессы определены на всем временном интервале существования системы). Некоторые внешние процессы (параметры) являются присущими системе и протекают в ней постоянно; другие внешние процессы (симптомы) не являются присущими системе и могут протекать в ней только на некоторых интервалах времени. Система функционирует нормально до тех пор, пока в ней протекают только присущие ей внутренние процессы, а происходящие события не приводят к возникновению в ней новых внутренних про-

цессов, не присущих ей. Каждый процесс, не являющийся присущим системе, имеет начало (момент времени, когда он возникает) и конец (момент времени, когда он исчезает).

Пусть AS_{Σ} - алгебраическая система сигнатуры Σ , являющаяся моделью некоторой конкретной системы (ситуации). Символы сигнатуры Σ имеют в ней следующие интерпретации:

- функциональный символ $f_{ex} \in F_{ex}$, обозначающий признак, - функцию, областью определения которой является для параметров вся временная ось, для симптомов – некоторый интервал времени, а областью значений – возможные значения признака;
- функциональный символ $f_{ev} \in F_{ev}$, обозначающий событие, - функцию, областью определения которой является некоторое дискретное множество моментов времени, а областью значений – возможные значения события;
- функциональный символ $f_{in} \in F_{in}$, обозначающий внутренний процесс, - функцию, областью определения которой является для процессов, присущих системе, вся временная ось, для процессов, не присущих системе, - некоторый интервал времени, а областью значений – возможные состояния процесса;
- предметный символ $o \in O$, обозначающий характеристику системы, - одно из значений этой характеристики;
- предикатный символ $p_c \in P_c$ – множество (возможно пустое) таких кортежей отношения (причинных связей), элементами которых являются аргументы этого отношения, для которых причинная закономерность этого отношения является истинной относительно AS_{Σ} .

Назовём причинно-следственной моделью AS_{Σ} системы такую алгебраическую систему сигнатуры Σ , что выполнены следующие условия:

- для каждого признака существует причинная связь, в которой этот признак является следствием;
- для каждого события существует причинная связь, в которой это событие является причиной;
- для каждого внутреннего процесса, не присущего системе, существует причинная связь, в которой этот процесс является следствием, и существует причинная связь, в которой этот процесс является причиной;
- для каждого внутреннего процесса, присущего системе, существует причинная связь, в которой этот процесс является причиной;
- все предложения из БЗ являются истинными относительно AS_{Σ} .

Обозначим R_{Σ} математическую абстракцию результатов наблюдения признаков, характеристик системы и произошедших событий.

Следующие задачи учитывают процессы, связанные между собой посредством причинно-следственных отношений (рисунок 11).

В задаче диагностики требуется по результатам наблюдения признаков, характеристик системы и произошедших событий определить возможные причинно-следственные модели системы. При этом диагнозом называется совокупность внутренних процессов этой модели, не являющихся присущими системе.

Дано: R_{Σ} (результаты наблюдения признаков, характеристик системы и произошедших событий); БЗ KB_{Σ} .

Найти: все возможные причинно-следственные модели $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$ системы, согласованные с результатами наблюдений R_{Σ} , относительно которых все предложения из БЗ KB_{Σ} истинны (математические абстракции объяснения возможных диагнозов). При этом диагнозом Δ в каждой такой модели является множество функциональных символов из F_{in} ($\Delta \subseteq F_{in}$), обо-

значающих внутренние процессы, не присущие системе, интерпретация каждого из которых в $AS_{\Sigma}(R_{\Sigma})$ имеет непустую область определения.

Обозначим R_O – значения предметных символов из O (результат наблюдения характеристик системы), R_{ev} – интерпретации функциональных символов из F_{ev} (планируемые события); $AS_{\Sigma}(R_O, \Delta, R_{ev})$ – алгебраическая система сигнатуры Σ , в которой интерпретация предметных символов из O есть R_O , интерпретации функциональных символов из Δ имеют непустые области определения, а интерпретации функциональных символов из F_{ev} есть R_{ev} .

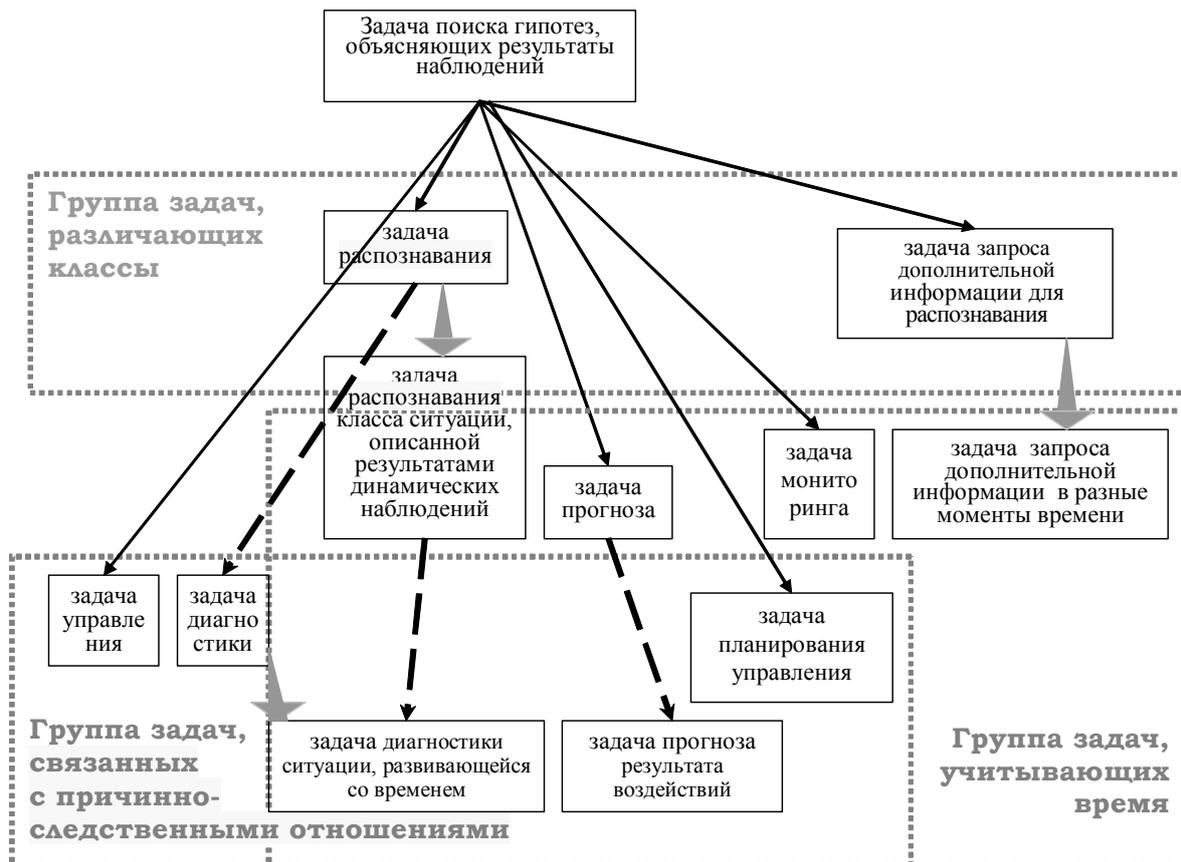


Рисунок 11 - Схема спектра возможных задач, учитывающих время

В задаче прогноза результата воздействий требуется, зная характеристики системы, диагноз и планируемые события, определить значения признаков в некоторые моменты времени в таких причинно-следственных моделях системы, которые соответствуют БЗ.

Дано: R_O (результат наблюдения характеристик системы); Δ (диагноз); R_{ev} (планируемые события); T (конечное множество моментов времени); БЗ KB_{Σ} .

Найти: в каждой причинно-следственной модели $AS_{\Sigma}(R_O, \Delta, R_{ev})$, относительно которой все предложения из БЗ KB_{Σ} истинны, значения всех функций, являющихся интерпретациями функциональных символов из F_{ex} , во все моменты времени из множества T .

Обозначим $cond(f_{ex}, t)$ формулу, являющуюся условием на значение признака $f_{ex} \in F_{ex}$ в момент времени t , а множество таких формул – $Cond \subseteq C_{\Sigma}$.

В задаче планирования управления требуется, зная характеристики системы, диагноз и условия на значения признаков, определить такую совокупность событий и соответствующую

щие им моменты времени, при которых признаки как функции времени в причинно-следственных моделях системы, соответствующих БЗ, будут удовлетворять этим условиям.

Дано: R_0 (результат наблюдения характеристик системы); Δ (диагноз); $Cond$ (условия на значения признаков), БЗ KB_{Σ} .

Найти: R_{ev} (совокупность событий и моментов времени), при которых признаки как функции времени в причинно-следственных моделях системы, соответствующих БЗ, будут удовлетворять этим условиям.

Задача критики гипотезы о диагнозе может рассматриваться как уточнение *задачи критики гипотезы о классе* (поскольку множество возможных диагнозов может рассматриваться как своего рода класс).

10 Составные задачи

В литературе часто отмечают, что ЭС реализуют составные задачи, т.е. решают взаимосвязанную комбинацию задач. Повседневная интеллектуальная деятельность часто бывает связана с принятием разных типов решений: сбор информации, диагностика, ремонт, прогноз, и т.п., часть из которых является интеллектуальными задачами¹. Примерами неинтеллектуальных задач в медицине можно считать сбор первичной информации о больном; назначение общего плана лечения больному, после того, как его диагноз установлен; мониторинг значений признаков на соответствие их прогнозу (рисунок 12). Многие известные ЭС предназначены для поддержки решения одной интеллектуальной задачи и нескольких неинтеллектуальных, использующих общую информацию.

Современная парадигма автоматизации интеллектуальной деятельности (автоматизации с целью повышения качества принятия ответственных решений специалистов) требует не только дать возможность использовать при решении интеллектуальных задач самые современные и проверенные знания, но и позволить группе экспертов (лицам, ответственным за уровень знаний) создавать стандарты знаний и управлять их качеством [26]. При такой автоматизации единая интеллектуальная программно-информационная система должна «комбинировать» поддержку решения всех *задач анализа результатов наблюдений* (и других задач принятия решений на основе знаний) и *задач индукции* для формирования и коррекции используемых БЗ.

Составной задачей интеллектуальной деятельности будем считать совокупность не менее двух совместно решаемых интеллектуальных задач (и, возможно, нескольких неинтеллектуальных задач), связанных общей информацией.

Примером составной задачи является *задача синтеза реализуемого проекта*. Реализуемость проекта системы означает, что может быть построен план создания системы по этому проекту. Действия и состояния в этом плане связаны с элементами, из которых создается проект. Для *реализуемого проекта* одновременно ставятся *и задача синтеза проекта*, и *задача синтеза плана построения системы* по синтезированному проекту, т.о. задача синтеза реализуемого проекта является составной. Частным случаем составной задачи синтеза реализуемого проекта является *задача синтеза реализуемой конфигурации* (вместе с задачей синтеза плана сборки системы по проекту конфигурации).

Другой пример составной задачи – *регулярный мониторинг состояния*, когда требуется определять, является ли состояние системы отличным от нейтрального, регулярно в заданные моменты времени или с заданным интервалом (пример – наблюдение за больными в па-

¹ Редакция надеется, что авторы возьмут на себя смелость и посвятят свою следующую статью обоснованию классификации задач на интеллектуальные и неинтеллектуальные.

латах интенсивной терапии, регулярные медосмотры или диспансеризация работников предприятий).

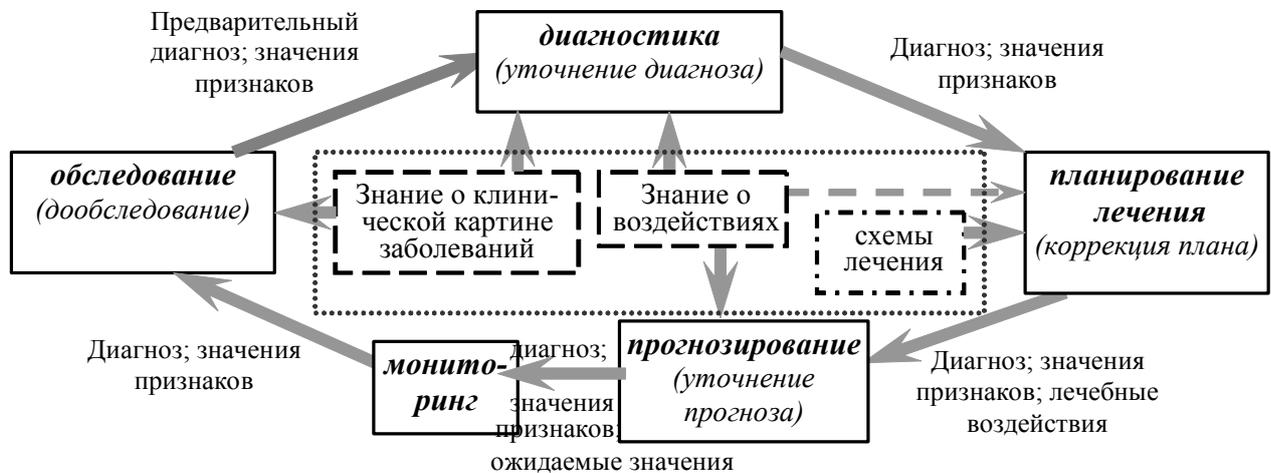


Рисунок 12 - Пример совокупности задач, связанных общей информацией

Наконец, еще одним примером составной задачи является *задача технической диагностики* автономного робота, решаемая в процессе выполнения им миссии (задания). Автономный робот – это система, состоящая из нескольких подсистем: двигательной подсистемы, подсистемы энергопитания, различных сенсорных систем, часто дублирующих друг друга для повышения надежности. В процессе выполнения миссии подсистемы или их отдельные узлы могут выходить из строя. При этом робот в пределах возможного должен продолжать выполнение миссии, возможно, в усеченном виде. Задача технической диагностики состоит в постоянном *мониторинге технического состояния* робота, в ходе которого решается интеллектуальная задача *обнаружения возможных диагностических ситуаций*, связанных с выходом из строя отдельного узла. Если обнаруженная диагностическая ситуация не дает однозначного ответа на вопрос, какой узел вышел из строя, то миссия приостанавливается; в соответствии с базой знаний выполняются тестовые действия для этой диагностической ситуации и анализируются их результаты. Если установлен вышедший из строя узел, то вносятся изменения в модель робота, если необходимо, вносятся изменения в систему управления роботом (например, переключение с вышедшей из строя сенсорной подсистемы на дублирующую её, если таковая имеется и работоспособна) или выполняется перепланирование миссии с учётом изменившейся модели робота.

Заключение

Автоматизация повседневной интеллектуальной деятельности и управления её качеством требует детальной разработки всех тех этапов, от которых зависит решение проблемы поддержки интеллектуальной деятельности и правильности применения знаний при этом. Первый из них - этап системного анализа, где обсуждаются требующие поддержки интеллектуальные и другие задачи, решаемые специалистами, строится схема связи этих задач [27]. При этом среди интеллектуальных задач стремятся выявить те, постановки которых известны (или выделить в них подзадачи, постановки которых известны).

Предложенная в настоящей работе многоуровневая классификация задач даёт возможность в процессе системного анализа переходить к математическим постановкам различных

задач, конкретизируя те понятия и их абстракции, которые содержатся в этой классификации.

Показано, что между некоторыми задачами имеет место «генетическая связь», основанная на принципе усложнения свойств ПрО: в более сложных ПрО появляются новые виды исходных данных, которые надо учесть при решении задач (например, время, пространство, классы, причинно-следственные отношения, события или неприсущие системе внутренние процессы), и дополнительные ограничения (для различения классов сущностей обычно достаточно анализировать их признаки, а для различения диагнозов, как правило, и события).

Каждое усложнение ПрО рассматривается (в многоуровневой классификации задач) как «слой ПрО со схожими особенностями», в котором ожидается появление новых задач либо расширение постановок базового («корневого») множества задач.

Такая классификация даёт возможность увидеть задачи более общие в своих постановках и более частные, характерные для ПрО с определёнными свойствами. Поставленные в едином формализме задачи позволяют понять, в чём именно состоит каждая задача, чем она принципиально отлична от других.

Этой классификацией охвачен практически весь спектр задач, относящихся к области разработки ЭС. Вместе с тем предложенная классификация является открытой, допускающей введение в неё абстракций новых понятий, новых задач и слоёв при сохранении математического аппарата алгебраических систем, лежащего в основе классификации.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты № № 15-07-03193 и № 13-07-00024-а).

Список источников

- [1] *Гаврилова, Т. А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. - 384 с.
- [2] *Джарратано Дж., Райли Г.* Экспертные системы. Принципы разработки и программирование, 4-е издание. М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. - 1152 с.
- [3] *Джексон П.* Введение в экспертные системы: Уч. пос. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 624 с.
- [4] *Slansky W.J.* Heuristic Classification // Artificial Intelligence, 1985, №27, с. 289-350.
- [5] *Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапог М.Д.* Статические и динамические экспертные системы, учебное пособие. - М: «Финансы и статистика», 1996. - 318 с.
- [6] *Тельнов Ю.Ф.* Интеллектуальные информационные системы. М.: МЭСИ, 2004. - 246 с.
- [7] *Хейес-Рот Ф., Уотермен Д., Ленат Д.* Построение экспертных систем. М: Мир, 1987. - 441 с.
- [8] *Хеннер Е.К.* Информатика: учеб. пособие для студ. пед. вузов / А. В. Могилев, Н.И.Пак, Е.К.Хеннер; под ред. Е.К.Хеннера. — 8-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2012. - 848 с.
- [9] *Павлов С. Н.* Системы искусственного интеллекта: учеб. пособие. В 2-х частях. Ч. 1. Томск: Эль Контент, 2011. — 176 с.
- [10] *Воронцов К. В.* Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин). 2012. – 141 с. <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>
- [11] *Шалфеева Е.А.* Классификация для задач, выявляемых при системном анализе интеллектуальной деятельности. // Материалы V Междунар. научн.-техн. конф. "Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем" (OSTIS-2015). Минск: БГУИР, 2015. - С. 187–192.
- [12] *Sriram D., Maher. M. L. and Fenves, S. J.* Knowledge-Based Expert Systems for Structural Design // Computers and Structures, January 1985. - P. 1-9.
- [13] *Rychener M.D.* Expert systems for engineering design / Expert Systems. - 1985. vol. 2. № 1. - P. 30-44.
- [14] *Боргест Н.М.* Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения // Онтология проектирования, 2013. № 3(9). – С. 9-31.
- [15] *Братко И.* Алгоритмы искусственного интеллекта на языке PROLOG, 3-е издание. Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. — 640 с.

- [16] **Попов Э.В., Фирдман Г. Р.** Алгоритмические основы интеллектуальных роботов и искусственного интеллекта. Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М., 1976. - 456 с.
- [17] **Уотермен Д.** Руководство по экспертным системам: Пер. с англ. М: Мир, 1989. - 388 с.
- [18] **Яснев В.Н.** Информационная технология экспертных систем / глава в «Информационные системы и технологии в экономике: учебное пособие». Издательство: Юнити-Дана, 2012. - 560 с.
- [19] **Bylander T., Mittal S.** CSRL: A language for classificatory problem solving and uncertainty handling. *AI Magazine*, 1986, 7 (3). - С. 66-77.
- [20] **Кобринский Б. А.** Системы поддержки принятия решений в здравоохранении и обучении // *Врач и информационные технологии: Научно-практический журнал*. 2010. № 2. - С. 39-45.
- [21] **Москаленко Ф.М.** Задача медицинской диагностики и алгоритм её решения, допускающий распараллеливание // *Информатика и системы управления*. № 2(10), 2005. - С. 52-63.
- [22] **Клещев А. С., Смагин С. В.** Задачи индуктивного формирования знаний для онтологии медицинской диагностики // *Научно-техническая информация. Серия 2. Информационные процессы и системы*. – М.: ВИНТИ РАН. 2012. №1. – С. 9-21.
- [23] **Мальцев А.И.** Алгебраические системы. М.: Наука, 1970. - 392 с.
- [24] *Большой Российский энциклопедический словарь*. М.: БРЭ. 2003.
- [25] **Клещев А.С., Черняховская М.Ю., Москаленко Ф.М.** Модель онтологии предметной области «Медицинская диагностика». Часть 1. Неформальное описание и определение базовых терминов // *Журнал НТИ - Серия 2*. № 12, 2005.
- [26] **Клещев А.С., Черняховская М.Ю., Шалфеева Е.А.** Парадигма автоматизации интеллектуальной профессиональной деятельности. Часть 1. Особенности интеллектуальной профессиональной деятельности // *Онтология проектирования*, 2013. № 3(9). – С. 53-69.
- [27] **Клещев А.С., Шалфеева Е.А.** Содержание системного анализа при автоматизации интеллектуальной деятельности на уровне отрасли // *Материалы IV Междунар. научн.-техн. конф. "Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем" (OSTIS-2014)*. Минск: БГУИР, 2014. - С. 285–290.

AN ONTOLOGY OF INTELLECTUAL ACTIVITY TASKS

A.S. Kleshev¹, E.A. Shalfeeva²

Institute for Automation & Control Processes of the FEB RAS, Vladivostok, Russia

¹kleshev@iacp.dvo.ru, ²shalfe@iacp.dvo.ru

Abstract

An overview of publications presenting classifications of tasks solved by intellectual systems, descriptions of these tasks and formal specifications of these tasks are given. Actuality of the classification based on general principles and terminology well-determined by mathematical apparatus is shown. The mathematical apparatus that allows to introduce mathematical abstractions for all the notions used in task specifications is suggested. A multilevel classification of tasks in which the basic classification of tasks is expressed rather abstractedly is proposed. Further, on the lower levels of abstractions, special properties of domains are introduced and formally represented, and refined specification of tasks and new inherent tasks are suggested.

Key words: *intellectual activity, expert system, classification of tasks, task specification.*

Acknowledgment

This work was supported in part by the Russian Foundation for Basic Research (project 15-07-03193 and 13-07-00024-a).

References

- [1] **Gavrilova, T. A., Khoroshevsky, V.F.** Bazy znaniy intellektual'nykh sistem [Knowledge bases of intellectual systems]. Sanct-Peterbourg: Piter, 2000. - 384 p. (In Russian).

- [2] **Giarratano, J.C., Riley, G.D.** Expert systems. Principles and programming, Fourth edition. Thomson Course Technology, 2005.
- [3] **Jackson, P.** Introduction to expert systems (3rd Edition). Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1998.
- [4] **Clancey, W. J.** Heuristic Classification // Artificial Intelligence, 1985, №27, с. 289-350.
- [5] **Popov, E.V., Fominykh, I.B., Kisel, E.B., Shapot, M.D.** Sticheskie i dinamicheskie ehkspertnye sistemy, uchebnoe posobie. [Static and dynamic expert systems, School-book]. - M: «Finances and Statistics», 1996. - 318 p. (In Russian).
- [6] **Telnov, Yu.F.** Intellektual'nye informatsionnye sistemy [Intellectual information systems] // Moscow State University for economy, statistics and computer sciences. – M.: MESI, 2004. - 246 p. (In Russian).
- [7] **Hayes-Roth, F., Waterman, D.A., Lenat, D.B.** Building Expert Systems. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1983.
- [8] **Khenner, E.K.** Computer science: School-book for students of pedagogical universities / A. V. Mogilev, N.I.Pak, E.K.Khenner; edited by E.K.Khenner. — 8-th edition. — M.: Edition center «Academy», 2012. - 848 p. <http://www.irbis.vogu.ru/repos/1912/HTML/0055.htm>
- [9] **Pavlov, S. N.** Sistemy iskusstvennogo intellekta: ucheb. posobie [Artificial intelligence systems: School-book. Part 1]. Tomsk: El Content, 2011. — 176 p. (In Russian).
- [10] **Vorontsov, K. V.** Matematicheskie metody obucheniya po pretsedentam (teoriya obucheniya mashin) [Mathematical methods of learning using precedents]. 2012. (In Russian). <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>
- [11] **Shalfeeva, E.A.** Klassifikatsiya dlya zadach, vyyavlyaemykh pri sistemnom analize intellektual'noj deyatel'nosti [A classification of tasks revealed by system analysis of intellectual activity]. // Proceeding of V Int. sci.-techn. conf. "Open semantic technologies of intellectual system design" (OSTIS-2015). Minsk: BSUIR, 2015. - pp. 187–192. (In Russian).
- [12] **Sriram, D., Maher, M. L. and Fenves, S. J.** Knowledge-Based Expert Systems for Structural Design // Computers and Structures, January 1985. - P. 1-9.
- [13] **Rychener, M.D.** Expert systems for engineering design // Expert Systems. - 1985. vol. 2. № 1. - P. 30-44.
- [14] **Borgest, N.M.** Klyuchevye terminy ontologii proektirovaniya: obzor, analiz, obobshheniya [Keywords of ontology of designing: review, analysis, generalization] // Ontology of Designing, 2013, № 3(9). - P.9-31. (In Russian).
- [15] **Bratko, I.** PROLOG: Programming for Artificial Intelligence (third edition). Harlow: Addison-Wesley Publishers Ltd. & Pearson Educated Ltd. 2001.
- [16] **Popov, E.V., Firdman, H. R.,** Algoritmicheskie osnovy intellektual'nykh robotov i iskusstvennogo intellekta [Algorithmic basis of intellectual robots and artificial intelligence]. Main editorial board on physics and mathematics. «Science», M., 1976. - 456 p. (In Russian).
- [17] **Waterman, D.A.** A guide to expert systems. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., - 1986.
- [18] **Yasenev, V.N.** Informatsionnaya tekhnologiya ehkspertnykh sistem [Information technology for expert systems: School-book]. Edition: Unity-Dana, 2012. - 560 c. (In Russian).
- [19] **Bylander, T., Mittal, S.** CSRL: A language for classificatory problem solving and uncertainty handling. AI Magazine, 1986, 7 (3). - C. 66-77.
- [20] **Kobrin, B.A.** Sistemy podderzhki prinyatiya reshenij v zdavookhraneni i obuchenii [Systems for decision making in public health and education] // Doctor and information technologies: Scientific and practical journal. 2010. № 2. - pp. 39-45. (In Russian).
- [21] **Moskalenko, Ph.M.** Zadacha meditsinskoj diagnostiki i algoritm eyo resheniya, dopuskayushhij rasparallelvanie [A task of medical diagnostics and a parallel algorithm for its solving] // Computer science and control systems. Edition of AmSU. № 2(10), 2005. - pp. 52-63. (In Russian).
- [22] **Kleshev, A.S., Smagin, S.V.** Zadachi induktivnogo formirovaniya znaniy dlya ontologii meditsinskoj diagnostiki [Problems of inductive formation of knowledge in the ontology of medical diagnosis] // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. 2012, vol. 46 Issue 1. - P. 8-21. (In Russian).
- [23] **Maltsev, A.I.** Algebraicheskie sistemy [Algebraic systems] // M.: Science, 1970. - 392 p. (In Russian).
- [24] Big Russian Encyclopedic Dictionary. M.: BRE. 2003. (In Russian).
- [25] **Kleshev, A.S., Chernyakhovskaya, M.Y., Moskalenko, F.M.** Paradigma avtomatizatsii intellektual'noj professional'noj deyatel'nosti. Chast' 1. Osobennosti in-tellektual'noj professional'noj deyatel'nosti [Model of onthology of "Medical diagnostics" domain. Part 1- Informal description and formal definition of base terms] // Magazine NTI, 2nd series, 2005, № 12.
- [26] **Kleshev, A.S., Chernyakhovskaya, M.Y., Shalfeeva, E.A.** Paradigma avtomatizatsii intellektual'noj professional'noj deyatel'nosti. Chast' 1. Osobennosti in-tellektual'noj professional'noj deyatel'nosti [The paradigm of an intellectual professional activity automation. Part 1. The features of an intellectual professional activity] // Ontology of Designing, 2013, № 3(9). P. 53-69. (In Russian).

- [27] *Kleshev, A.S., Shalfeeva, E.A.* Soderzhanie sistemnogo analiza pri avtomatizatsii intellektual'noj deyatel'nosti na urovne otrasli [The content of system analysis for automation of intellectual activity on the level of branch] // Proceeding of IV Int. sci.-techn. conf. "Open semantic technologies of intellectual system design" (OSTIS-2014). Minsk: BSUIR, 2014. - pp. 285 – 290. (In Russian).

Сведения об авторах



Клещев Александр Сергеевич, 1940 г. рождения. Окончил математико-механический факультет Ленинградского государственного университета в 1964 г., д.ф.-м.н. (1990). Главный научный сотрудник лаборатории интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, профессор, заслуженный деятель науки РФ. В списке научных трудов более 300 работ в области искусственного интеллекта, информатики, медицинской и биологической кибернетики.

Alexander Sergeevich Kleshev (b. 1940) graduated from the Leningrad State University in 1964, Professor's degree (1990). He is Chief Researcher at lab. of intellectual systems in the Institute for Automation & Control Processes of the FEB RAS. He is co-author of more than 300 publications in the fields of biological and medical cybernetics, informatics and AI.



Шалфеева Елена Арефьевна, 1967 г. рождения. Окончила математический факультет Дальневосточного государственного университета по специальности "прикладная математика" в 1989 г., к.т.н. (2000). Старший научный сотрудник лаборатории Интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, доцент по специальности. В списке научных трудов более 70 работ.

Elena Arefjevna Shalfeeva (b.1967) graduated from the Far Eastern State University (Vladivostok) in 1989, PhD (2000). She is Senior Researcher at the lab. of intellectual systems in the Institute for Automation & Control Processes of the FEB RAS, associate professor. She is co-author of more than 80 publications in the fields of Program models and systems and AI.

ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ПОСТУЛАТОВ ТЕОРИИ ПРЕДМЕТА ТРУДА

Т.Н. Соснина

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), Самара, Россия
tnssau@bk.ru

Аннотация

Предлагается вариант трактовки семантического статуса онтологии проектирования с учётом метаморфоз предмета труда - простого элемента любого производственного процесса. Рассматриваются в историко-логическом ключе определения понятий проектирование, онтология и онтология проектирования. Анализируются постулаты теории предмета труда, в которых отражаются его природные (потребительно-стоимостные) и социальные (стоимостные) составляющие, вещная и процессуальная характеристики; проводится различие между готовым и конечным продуктом проектирования по параметру качество. Сопоставляются понятия «результат проектирования» и «проект»; «объект проектирования» и «предмет»; аргументируется целесообразность включения в онтологию проектирования триады базовых понятий - условного, первичного и вторичного предметов проектирования. В контексте методологической парадигмы «распредмечивание-опредмечивание» уточняется сущность процессов проектирования и конструирования. Статус субъекта проектирования рассматривается как целеполагающая и целереализующая функциональная целостность. Жизненный цикл проектирования анализируется в виде двух технологических цепочек - базовой и параллельной. Первая ассоциируется с процессами проектирования и конструирования, этапами эксплуатации продукта вплоть до его утилизации. Вторая, соответственно, с возможностью использования побочных продуктов в вещественной и информационной формах.

Ключевые слова: онтология; онтология проектирования; готовый и конечный продукты проектирования; распредемечивание-опредмечивание; жизненный цикл продукта проектирования.

Введение

Интерес к методологическим проблемам общенаучного и специально-научного характера обусловлен необходимостью их осмысления с точки зрения возможности практического использования в условиях неопределённости.

Синдром «кризиса цивилизации» - результирующий глубокие перемены во всех сферах жизнедеятельности социума (экономической, политико-экономической, технико-технологической, социальной, экологической, культурологической и др.) - побудил научное сообщество к поиску новых путей управления и контроля за формированием антропогенной среды с учётом адаптации к ней человека на ближайшую и дальнюю перспективу.

Решение подобного рода сверхсложных задач сопряжено с инновационным прочтением сущности проектирования разнообразных видов деятельности с учётом константных параметров функционирования «живого вещества»¹.

Феномен проектирования имеет свою историю и логику. Авторское прочтение его предлагается читателю в трёх позициях: в первой рассматриваются вопросы, имеющие отношение к определению семантического статуса понятий «проектирование», «онтология», «онтология проектирования»; во второй, вниманию читателей предлагаются постулаты теории

¹ Вернадский В. И. Живое вещество. — М.: Наука, 1978. — 358 с.

предмета труда, имеющие отношение к анализу процессов проектирования-конструирования; в третьей, приводится аргументация прочтения онтологии проектирования в контексте теории предмета труда и возможности использования её потенциала на практике.

1 Семантический статус исследуемых понятий

1.1 Проектирование

Семантический статус понятия «проектирование» рассмотрим, учитывая его «генетические корни» - прямое отношение к таким сферам деятельности как архитектура, строительство, машиностроение.

В энциклопедических, справочных и научных изданиях 60-х годов прошлого века использовались определения типа:

«Проектирование - разработка комплексной технической документации, содержащей технико-экономическое обоснование, расчёты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для строительства, реконструкции зданий, сооружений или их комплексов» [1].

В 70-е годы появляются варианты, где присутствует процессуальная составляющая проектной деятельности:

«Проектирование – процесс создания проекта, прототипа, прообраза предполагаемого или возможного объекта» [2].

Издания, ориентированные на читателей политехнического профиля, расширяли понимание проектирования за счёт включения сопряженных видов деятельности: «Проектирование есть разработка комплексной технической документации, содержащей технико-экономическое обоснование, расчёты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для *строительства (реконструкции) населённых мест, предприятий, зданий, сооружений, производства оборудования, изделий* и т.д.» [3].

В 80-90-е годы - годы технико-технологической трансформации отраслей материального и духовного производства - оказались востребованными определения «проектирования» с включением видов деятельности, далеко отстоящих от классических - строительства, архитектуры, машиностроения. Например, Дж.К.Джонс - один из разработчиков теории проектирования, - характеризуя подобного рода метаморфозу, отмечал: «Наряду с традиционным появились совершенно различные по своему содержанию виды проектирования:

- 1) проектирование как процесс разработки не отдельных предметов, а целых систем (аэропорты, транспорт, супермаркеты, радиопрограммы, программы обучения, банковские системы, компьютеры);
- 2) проектирование как соучастие, как включение общества в процесс принятия решения;
- 3) проектирование как творчество, потенциально присущее каждому;
- 4) проектирование как учебная дисциплина, синтезирующая искусство и науку, возможно, идущая дальше, чем то и другое порознь;
- 5) проектирование без объекта как процесс или образ самой жизни [4].

В книге «Методы проектирования» исследователь уточняет: «Цель проектировщика традиционного типа заключалась в том, чтобы разработать чертежи, которые могли бы получить одобрение клиента и дать необходимые указания изготовителю. Из нашего определения проектирования как *процесса, который кладет начало изменениям в искусственной среде*, следует, что должны существовать какие-то другие цели, достижимые до окончания - и даже до начала - разработки чертежей. Если объект разрабатывается для того, чтобы вызвать определённые изменения в мире, то проектировщик должен предвидеть конечный результат

осуществления своего проекта и определить меры, необходимые для достижения этого результата. Проектирование оказывается всё меньше направленным на сам объект и всё больше – на те изменения, которые должны претерпеть производство, сбыт, потребитель и общество в целом в ходе освоения и использования нового объекта» [5].

Отечественные учёные в 60-80-х годах прошлого века имели хорошую возможность ознакомиться с лучшими зарубежными работами по теории проектирования и конструирования². В нашей стране с конца XX века исследовались различные аспекты проектных видов деятельности³. Эта информация фиксировалась в научных изданиях, специализированных журналах, справочниках, энциклопедиях. Примеры.

«Проектирование (в химическом производстве) - процесс создания комплекса технических документов, необходимых для обеспечения финансирования работ, заказа на строительные материалы, изготовление оборудования, строительство предприятий, монтажа приборов и общий его пуск и вывод на заданные параметры» [6].

«Проектирование (в экономике) - процесс разработки проектных решений, начиная от бизнес-проектов и заканчивая их воплощением, реализацией в виде готового изделия, технологии, проекта» [7].

«Проектирование (в сфере организации) - процесс разработки, формирования или совершенствования формальной организации» [8].

«Проектирование (область прогностики) - одна из форм опережающего отражения действительности, процесс создания прототипа предполагаемого объекта, явления или процесса посредством специфических методов. Проектирование - это конкретная форма проявления прогностической функции управления, когда создаётся возможный образ будущей материальной или идеальной реальности» [9].

«Проектирование (в строительстве) - процесс создания проекта-прообраза предполагаемого или возможного объекта: разработка проектной, конструкторской и другой технической документации, предназначенной для осуществления капитального строительства какого-либо объекта, создания новых видов и образцов строительных конструкций и элементов» [10].

«Проектирование (летательного аппарата) – процесс выбора параметров создаваемого ЛА, его компоновки и определения характеристик – функциональных, экономических и др. В проектировании ЛА существует ряд этапов: техническое предложение, эскизный проект, технический проект» [11].

«Проектирование современных ситуационных центров опирается на новые проектные методы их создания и эксплуатации, прежде всего, это учёт всего жизненного цикла проекта, обеспечение многокритериального подхода к проектированию с оценкой качества, полноты представляемых функций и стоимостных ограничений» [12].

² Ханзен Ф. Основы общей методики конструирования. Систематизация конструирования. Пер. с нем. Л.: Изд-во Машиностроение, 1969; Бегенау З.Г. Функция, форма, качество. - М.: Мир, 1969; Хилл П. Наука и искусство проектирования. - М.: Мир, 1973; Уилсон А., Уилсон М. Управление и творчество при проектировании систем. Пер. с англ. - М.: «Советское радио», 1976; Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство, наука. - М.: Изд-во Мир, 1982; Дж.де С.Коутиньо. Управление разработками перспективных систем. Пер. с англ. - М.: Машиностроение, 1982.

³ Шерман Е.И. Изучение и проектирование трудовых процессов. - М., 1971. Стефанов Н., Яхил, С. Качаунов. Управление, моделирование, прогнозирование. - М., 1972; Третников Н.И. Конструктор и качество продукции. - М., 1976; Гмошинский В.Г., Флиорент Г.И. Теоретические основы инженерного прогнозирования. - М., 1979; Пигров К.С. Научно-техническое творчество. - Л., 1979; Методы и технические средства предпроектно-эргономического моделирования. - М., 1983; Алехин В.В. Философские проблемы инженерно-технического труда. - М., 1983; Молико В.А. Психология конструкторской деятельности. - М., 1983; Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. - М., 1984; Познание и проектирование (материалы круглого стола)// Вопросы философии. 1985. № 6; Файнберг И.М. Видеть-предвидеть-действовать. - М., 1986; Булатов В.П., Шаповалов Е.А. Наука и инженерная деятельность. - М., 1987; Душков Б.А., Смирнов Б.А., Терехов В.Л. Инженерно-психологические основы конструкторской деятельности. - М., 1990

«Проектирование (*в педагогике*) - вид деятельности по определению условий реализации определённой педагогической системы, которая удовлетворяет принципам завершенности, конструктивной целостности, реалистичности, реализуемости, интерактивности» [13].

В особую группу можно выделить подходы, фиксирующие такое специфическое качество проектирования как манипулирование с несуществующими объектами.

Резюме. Семантический статус понятия «проектирование» по мере расширения спектра деятельности человека становился предметом осмысления с позиций междисциплинарного, системного подхода.

1.2 Онтология

Последствия антропогенного прессинга на биосферу вынуждали социум всё чаще обращаться к проблемам управления и контроля за второй (искусственной) природой. В этом контексте на принципиально иной уровень переводилась теория и практика проектирования, планирования, прогнозирования.

Индикатором результативности таких поисков являлось внимание исследователей к проблемам онтологии как лингвистическому аспекту феномена проектирования. В словосочетании «онтология проектирования» онтология является доминантой, а характеристика её статуса принципиально важной в методологическом отношении.

Единства в понимании сущности онтологии сегодня нет. Речь идет о фрагментах её прочтения и попытках классификации имеющихся вариантов.

Попытаемся выявить устойчивые и повторяющиеся характеристики онтологии в публикациях и определить собственную нишу исследования.

В энциклопедиях, справочных изданиях приводятся следующие определения:

1. «Онтология (греч. сущность, слово, понятие) - учение о бытии как таковом; раздел философии, изучающий фундаментальные принципы бытия, наиболее общие сущности и категории» [14].

2. «Онтология - учение о бытии, в котором исследуются всеобщие основы, принципы бытия, его структура и закономерности. По существу онтология выражает картину мира, соответствующую определённому уровню познания реальности, которая зафиксирована в системе философских категорий, характерных для данной эпохи, и для той или иной философской традиции» [15].

3. «Онтология - учение о сущем, о бытии. Предмет онтологии формируется практически одновременно с возникновением философии, так как именно проблема бытия изначально является одной из фундаментальных тем, определяющих развитие философии в целом» [16].

Научные издания и специализированные журналы раскрывают семантический статус онтологии более подробно.

4. «Онтология - спецификация, концептуализация абстрактного представления о предметной области (формализованное представление об основных понятиях и связях между ними)» [17].

5. «Онтология - философский термин, означает учение о бытии, которое перемещено в область точных наук. Онтология обеспечивает словарь для представления и обмена знаниями о некоторой предметной области и множеством связей, установленных между терминами в этом словаре» [18].

6. «Онтология - система понятий предметной области, которая представляет набор соединённых различных онтологий. Преимуществом онтологий в качестве способа представления знаний является их формальная структура, упрощающая компьютерную обработку» [19].

7. «Онтология - явное и формализованное определение структуры некоторой проблемной области, отражающее соглашения о единых способах построения и использования концептуализаций» [20].

8. «Онтология - это инструмент для построения классификаторов, способ структурирования информации в данной конкретной области, в том числе социальной сфере» [21].

9. «Онтология - это базы знаний специального типа, которые могут читаться и пониматься, отчуждаться от разработчика и физически разделяться их пользователями» [22].

10. «Онтология (*с точки зрения программиста*) напоминает систему управления базой данных с той лишь разницей, что в ней хранятся не данные, а знания. За построение онтологии отвечают одни программные средства, использование этих знаний - привилегия программных приложений. Одни программы *хранят знание*, другие *содержат «движок»*, позволяющий использовать эти знания, например, делать выводы в экспертных системах, реализовывать интеллектуальный поиск необходимой информации на Web-ресурсах и т.п.» [23].

11. «Онтология - это логическая теория, явно частично отражающая подразумеваемое значение формального словаря. Формальный словарь образует множество классов или концептов, обозначающих понятия предметной области и отношения (как правило, бинарные), определяемые между классами» [24].

12. «Онтология предназначена для организации в структурированную форму знаний из множества областей - от философии до управления знаниями и устройства семантической паутины» [25].

13. «Онтология на базовом уровне должна, прежде всего, обеспечивать словарь понятий (терминов) для представления и обмена знаниями о предметной области и множества связей (отношений) установленных между понятиями в этом словаре» [26].

14. «Онтология обеспечивает общий словарь для решения задач управления, определяет семантику сообщений и отвечает за интерпретацию контекста сообщения. Таким образом, онтология создает основу для того, чтобы при управлении взаимодействующими процессами стороны, обменивающиеся информацией, могли правильно понимать друг друга» [27].

15. Онтология IDEF5 (Ontology Description Capture) – стандарт онтологического исследования сложных систем. С ее помощью описываются термины и правила, на основании которых могут быть сформулированы достоверные утверждения о состоянии рассматриваемой системы в некоторых моментах времени [28].

16. «Онтология - это формальная, явная спецификация согласования концептуализации. Онтология представлена следующими компонентами: структура, ограничение целостности, операция и другие» [29].

17. «Онтология - учение об абстрактных определениях сущности. Для этих определений в их многообразии и конечной значимости не существовало принципа; их должны были эмпирически и случайным образом перечислить; их ближайшее содержание могло быть основано лишь на представлении...» [30].

18. «Онтология - это попытка всеобъемлющей и детальной формализации некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы. Обычно такая схема состоит из структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила (ограничения), принятые в этой области» [31].

19. «Онтология состоит из организованных в иерархию понятий, отношений между понятиями и атрибутов понятий, а также аксиом и правил вывода» [32].

20. «Онтология обеспечивает словарь для представления и обмена знаниями о некоторой предметной области и множество связей, установленных между терминами в этом словаре» [33].

21. «Сеть языка можно использовать в качестве основы для построения онтологии предметной области» [34].

Проанализируем подходы к пониманию сущности «онтология», выделяя следующие позиции.

А. Учение о бытии - 1; 2; 3; 12; 17.

Б. Картина мира, соответствующая конкретной эпохе - 2; 15.

В. Концептуализация абстрактных представлений о понятиях и связях между ними - 4; 5; 7; 13; 16; 18.

Г. База данных (знаний) предметного вида - 6; 9; 10; 11; 18; 21.

Д. Способ структурирования информации - 6; 7; 8; 9; 12; 18.

Е. Язык, описывающий сущность объектов; система понятий, выступающих инструментом их создания - 36; 37; 6; 9; 10; 19; 21.

Ж. Словарь (логическая константа), средство получения и обмена знаниями - 8; 13; 14; 15; 20; 21.

В позициях А, Б отражается методологическое основание онтологии; в В, Г, Д фиксируются базовые качества онтологии (концептуализация, структурирование понятий и отношений между ними); в Е, Ж определяется главная функция онтологии - быть основой тезаурусов (словарного фонда).

1.3 Онтология проектирования

Термин «проектирование» в сочетании со словом «онтология» даёт возможность конкретизировать виды проектной деятельности, выявлять особенности их жизненных циклов. Словосочетание «онтология проектирования» коррелирует с другим - «проектирование онтологии». В данной статье пойдет речь об онтологии проектирования.

Примечательным явлением последнего десятилетия стал выход журнала «Онтология проектирования». Это научное издание молодо, но потенциал, который стал формироваться с первых его номеров, свидетельствует о серьезной и долговременной заявке его создателей к раскрытию сущности проектирования, без изучения которой невозможно создание основ системного анализа технико-технологического, экономического, экологического, социокультурного будущего социума, искусственной среды, в которой ему предстоит жить и работать.

В преамбуле «Уподобимся Сократу или апология онтологии проектирования» [35] редакция определила основные направления работы журнала: структурирование и в итоге формализация процесса проектирования; обобщение и синтез, выявление закономерности переноса полученных знаний из «передовых» проектных областей в те области, где процесс познания ещё не достиг современного уровня.

Наиболее слабым звеном онтологии вообще и онтологии проектирования, в частности, с авторской точки зрения, является общеметодологическое её обеспечение. Оно практически не меняется, хотя современный мир «задыхается» от стремительного роста информационной избыточности: «В каждой отдельной области знаний оказывается не просто много знания, а много систем знаний, которые претендуют на истинность, адекватность и осмысленность»⁴.

Предлагается авторское прочтение семантического статуса онтологии вообще, онтологии проектирования, в частности, с позиций теории предмета труда.

⁴ Дацюк С. Онтологизации. Киев – 2009. http://r03.twirpx.net/358/358237_7EC80_dacyuk_s_ontologizacii.txt

2 Постулаты теории предмета труда в процессах проектирования

Позиция вторая содержит анализ постулатов теории предмета труда с целью обоснования их методологического статуса.

Предварительные замечания. Предмет труда является одним из простых элементов, «на которые во всех общественных производствах одинаково должен разлагаться труд, чтобы действовать в качестве труда» [36]. Одновременно с ним функционируют два других «простых элемента»: человек (носитель цели), средства его труда (орудие и условия).

В пространственно-временном отношении человек, средства труда и предмет труда выступают как *взаимопотребляющие друг друга* материальные, информационные, энергетические потоки определённой конфигурации и качества. С одной стороны – это человек и средства его деятельности; с другой - продукты природы, ставшие объектом производственных усилий человека и средств его труда.

С точки зрения получения социально-значимого результата человек, применяющий те или иные «наборы» средств труда, выполняет *активно-позитивные функции*, и общество получает необходимые материальные и духовные блага.

Предмет труда выступает *активной негативной стороной* процесса труда. Он противодействует усилиям человека, средствам его деятельности. Если бы такое противодействие отсутствовало, субъекту не было бы необходимости постоянно создавать новые, всё более сложные орудия и условия труда, совершенствовать интеллект и производственные навыки. Показателем *позитивной активности* человека и средств его деятельности является факт радикального преобразования продуктов *природы* и получение продукта *труда*. Показателем *негативной активности* предмета труда является факт психофизической усталости работника, моральный и физический износ орудий и условий труда.

Каждый из простых элементов процесса труда теряет одни свойства и приобретает другие:

- *человек* взамен усилий интеллектуальных, психофизических, израсходованных в процессе труда, получает необходимые материальные и духовные блага;
- *средства труда* как искусственное «продолжение сущности человека» теряют часть исходных характеристик, но одновременно содействуют получению человеком (обществом) благ;
- *предмет труда*, противодействуя человеку и средствам труда, утрачивает первоначальное качество, подчиняясь социально значимой цели, и приобретает параметры, которые в естественном состоянии им никогда не могли быть получены.

Резюме. Каждый из моментов труда является специфическим процессом, в рамках которого совершаются материально-вещественные, информационные и энергетические преобразования. Результатом функционирования целесообразной деятельности человека, средств труда и предмета труда выступает социально преобразованный продукт природы - *продукт общества* [37].

Сформулируем основные постулаты теории предмета труда.

Первый постулат. Предмет труда является уникальным элементом процесса труда как вечного, естественного условия существования цивилизации, ибо в нём и только в нём запечатлеваются усилия человека и средств его деятельности.

Параметры предмета труда фиксируются в пространстве-времени и дают реальную картину изменений одномоментного, разномоментного и суммарного порядка, по мере движения к конечному продукту [38].

Второй постулат. Предмет труда в любых видах деятельности проявляет себя как:

- 1) единство противоположностей - наличие природного и социального начал;
- 2) единство противоположностей - вещь и процесс становления вещи.

Природное начало предмета труда есть субстрат с определёнными естественными свойствами. Различным уровням организации субстрата (неорганический, органический, искусственный, виртуальный, социальный) присущи специфические качества активности и самоорганизации. В природном субстрате запечатлеваются усилия живого и мёртвого (овеществленного) труда.

Социальное начало предмета труда есть то, что «носит на себе печать» сущностных сил человека. Источником выступают живой труд в конкретной и абстрактной формах. Социальное начало позволяет выявить общее у разнообразных по природному содержанию видов предмета труда, отделить последние от продуктов природы.

Качество социального в предмете труда фиксируется как «отпечаток» затрат конкретного труда (*потребительная стоимость*), количество как «отпечаток» затрат абстрактного труда человека (*стоимость*). Природная и социальная компоненты предмета труда «замкнуты на себя», не дифференцируются в пространстве-времени, образуя устойчивую, неразложимую целостность. Такого рода слияние хорошо иллюстрировал К. Маркс: «Если мы отнимем... у ковриги хлеба затраченный на неё труд – труд пекаря, мельника, земледельца и т.д., что тогда останется? Несколько колосьев травы, дикорастущих и непригодных для какого бы то ни было человеческого потребления. Но если мы отнимем у ковриги хлеба эту её вещественную материальную основу, от неё останется лишь «призрачная предметность» израсходованного человеческого труда, воспоминание о затраченных усилиях. В готовом продукте сливается природное и социальное... бытие товара как потребительной стоимости и его естественное осязаемое существование совпадают» [39].

Предмет труда-вещь - одно из состояний процесса труда, или единица сущего. Предмет труда-процесс - фиксирует перипетии жизненного цикла продукта в виде последовательно сменяющихся друг друга состояний, наделённых специфически содержательными признаками [40].

Третий постулат выражается в «триаде» понятий – условный (аналоги: потенциальный, нулевой); первичный и вторичный предметы труда, в которых отражены особые технологические переделы становления продукта труда.

Условный предмет труда есть продукт природы, ставший объектом теоретического исследования.

Первичный предмет труда есть продукт природы, ставший объектом антропогенного воздействия в сфере добывающего производства.

Вторичный предмет труда есть первичный продукт труда, ставший объектом антропогенного воздействия в сфере обрабатываемых производств.

Развернутая модель предмета труда-процесса, кроме этапов условного, первичного и вторичного, включает также фазы третичного предмета труда (сфера обращения), четверичного предмета труда (сфера эксплуатации, сервис), пятиричного предмета труда (сфера утилизации) [41].

Четвертый постулат. Роль системообразующего, объединяющего элементы структуры предмета труда в единую функционирующую целостность, играет последовательно реализуемое в природном субстрате социальное начало - живой и овеществленный труд.

В любой ситуации первичному предмету труда предшествует условный, вторичному - первичный, продукту труда - вторичный предмет труда, фиксирующий любые изменения потребительной стоимости и стоимости [42].

Пятый постулат. Методологически обоснованным является тезис о необходимости разграничения готового и конечного продукта: конечный продукт является таковым лишь по завершении функционирования всех стадий предмета труда. В рамках такой интерпретации готовый продукт всегда является квази-конечной формой.

Конечный продукт - есть суммарный итог производственной деятельности человека (общества). Он и только он может быть использован в качестве средств труда или предметов потребления [43].

Шестой постулат. По завершении процесса труда природное начало теряет свою первоначальную форму: из бесформенного вещества, простого материала для создающей форму, целесообразной деятельности «...он превращается в продукт, целесообразная форма которого... есть единственный след, оставленный целесообразным трудом» [44].

Анализ объекта деятельности даёт основание для вывода: природное насыщается качественно неоднородным социальным. С одной стороны, в нём объективируется цель, с другой – нечто ей не соответствующее, появившееся «попутно» с реализацией движущего мотива производства.

Последняя доза социального вносит «искажения» в промежуточный, готовый и конечный результаты. Незапрограммированные свойства могут оказаться вредными, индифферентными или полезными по отношению к основному свойству (свойствам) продукта, делающего его конкретной потребительной стоимостью.

Отношение между полезным свойством (свойствами) продукта и вредными целесообразно считать *мерой качества продукта*. Если наблюдается обратное (вредные потребительские свойства действуют активно), качество продукта в той или иной мере снижается, становится неустойчивым или исчезает вовсе [45].

Седьмой постулат. Становление основного потребительного свойства необходимо учитывать в сопряжении с сопутствующим. Поэтапный анализ предмета труда-процесса даёт возможность посредством *точек запрета* зафиксировать моменты, когда соотношение основного и сопутствующих свойств начинает меняться в нежелательную сторону [46].

Резюме. Базовая триада позволяет конкретизировать природное и социальное начала деятельности в процессуальном контексте с учётом потребительно-стоимостных и стоимостных их характеристик.

Понятия условного, первичного и вторичного предметов труда позволяют по-новому сгруппировать тезаурус верхнего уровня [29].

3 Онтология проектирования в контексте теории предмета труда

Третья позиция предполагает рассмотрение онтологии проектирования в контексте постулатов теории предмета труда, возможности их использования на практике.

Метаонтология раскрывает сущность любых видов деятельности используя совокупность базовых понятий: субъект, предмет, продукт, вещь, процесс. Это методологическая основа, апробированная временем, сегодня сосуществует с модификациями в виде терминов-синонимов.

3.1 Терминология проектанта

Аргументируем ситуацию применительно к терминологии, используемой в сфере проектирования-конструирования.

3.1.1 Проект, результат и продукт проектирования

Сравним понятия «результат проектирования», «проект», «продукт проектирования».

С точки зрения теории предмета труда использование понятия «продукт проектирования» является предпочтительным.

Результат проектирования - это:

- «текстовые, графические материалы, проекты и рабочие чертежи» [47].

- «создание материального объекта или разработка изменений уже существующего материального объекта; проектирование нематериального объекта» [21].

Проект - это:

- 1) «совокупность документов (расчетов, чертежей и т.д.) для создания какого-либо сооружения или изделия, в такой документации обосновывается реальность реализации идеи; 2) предварительный текст какого-либо документа; 3) план (замысел) будущих мероприятий; 4) обладающий определённой степенью уникальности, распределённый во времени и в условиях ресурсных ограничений комплекс взаимообусловленных мероприятий, при реализации которого поставленная цель может быть достигнута к определённому сроку» [48].
- «намеченная или предполагаемая операция, мероприятие, действие» [49].
- «комплексное, не повторяющееся, одномоментное мероприятие, ограниченное по времени, бюджету, ресурсам, а также чёткими указаниями заказчика» [50].
- «уникальный набор процессов, состоящих из скоординированных и управляемых задач с начальной и конечной датами, предпринятых для достижения цели» [51].

Резюме. Единой смысловой скрепы, объединяющей понятия «результат проектирования» и «проект», не существует. Есть перечисление фрагментов. Понятие «продукт проектирования», напротив, фиксируя одновременно процесс и результат проектирования, позволяет отразить основные их характеристики применительно к части, и к целому.

3.1.2 Объект и предмет проектирования

В литературе используются в большинстве случаев как равноправные понятия «*объект* проектирования» и «*предмет* проектирования». Представляется целесообразным учитывать специфику их семантического статуса. *Объект* проектирования ассоциируется с выполнением работ, оказанием услуг; *предмет* проектирования с творческим процессом создания нового, позволяющего выявить различие между работой вычислительной машины и работой человеческой головы [52].

Эти определения близки друг другу, но сама близость «размыта». Она становится явной, если принять во внимание функции условного предмета труда проектировщика. Объект в этом случае соответствует начальному этапу функционирования - условному предмету труда проектировщика. «Вещи ещё нет, когда она начинается, но в начале содержится не только её ничто, но уже также и её бытие» [30].

Резюме. Понятие «объект проектирования» отражает контакт субъекта с миром как многоцелевой, многомерной сущностью; понятие «предмет проектирования» ограничивает его, максимально приближаясь к достижению конкретной цели. Жизненный цикл продукта проектирования начинается в формате «объект», трансформируясь далее в формат «предмет» (соотношение «целое - часть целого»).

3.2 Этапы проектирования

Заслуживает внимания вариант включения в онтологию проектирования «триады» понятий: нулевой предмет проектирования; первичный предмет проектирования, вторичный предмет проектирования (аналог конструирования).

Продукт проектирования – производное полного жизненного цикла – является результатом сменяющих друг друга состояний. На первом (нулевой предмет) проектировщик оперирует объектом, не являющимся предметом проектирования в собственном смысле слова. Мысленные манипуляции – это информационный объём, который по мере углубления субъекта в суть производственной задачи, будет сокращаться и приобретать параметры, отвечающие потребности общества в конкретном продукте.

На втором этапе – первичный предмет проектирования – начинается процесс первичной обработки информации и оформление усилий субъекта проектирования в особого рода документацию - аналог технической задачи.

На третьем этапе (конструирование) - вторичного предмета проектирования идёт всестороннее и глубокое осмысление координат будущего продукта, которое завершается техническим проектом и на его основе - рабочим проектом.

Рабочий проект - совокупность текстовых и графических документов - является продуктом последовательно сменяющих друг друга этапов проектирования и конструирования.

Следует обратить внимание на неточности трактовки понятий «проектирование» и «конструирование». С методологической точки зрения целесообразно выявить специфику продукта проектирования в двух качественно различных состояниях - готового и конечного.

Готовый продукт проектирования позволяет реализовать цель общества в форме «мысленного образа» будущего продукта.

Конечный продукт проектирования является результатом функционирования материальных видов деятельности, овеществления идеальной модели, получения продукта необходимого обществу - изделия.

Понятия «распредмечивание-опредмечивание» подводят своеобразный итог: *распредмечивание* фиксирует этапы раскрытия сущности через механизмы интеллектуального производства (ассоциируется с процессом проектирования), *опредмечивание* - через механизмы материального производства (ассоциируется с процессом конструирования).

Методологический приём «расслоения» продукта проектирования на готовый и конечный позволяет учитывать соответствие его критериям технико-технологическому, экономическому, социальному, экологическому [53].

3.3 Субъект проектирования

В онтологии проектирования центральное место принадлежит понятию «субъект проектирования», которое не может рассматриваться вне органической связи его с двумя другими - средством проектирования и предметом проектирования. Субъект выполняет функции целеполагающего плана (детерминировано мотивацией личности, группы, общества), средство и предмет - функции целереализующего плана. Другими словами, внутренний мир человека способен настраиваться на конкретную цель с одновременным поиском механизмов (методов) её реализации в предмете деятельности. Результатом такого взаимодействия является проектирование предмета труда в направлении движения к искомому продукту в его текстовой, графической и иных формах. Производственные усилия субъекта проектирования трансформируются в стадию опредмечивания и завершаются получением конечного продукта, концентрирующего богатство человеческого опыта и знаний.

Онтология проектирования с позиций теории предмета труда может расширить свой тезаурус с включением понятий «природное начало предмета проектирования», «социальное начало предмета проектирования», «предмет проектирования - процесс», «предмет проектирования - вещь».

Природное начало человека проявляется в способности субъекта получать знания о мире в формах и абстрактных структурах (понятия, категории, теории).

Социальное начало, превращая человека в «универсальный социокультурный символ», сопряжено с природным и существует в виде их неразложимой целостности.

Труд проектировщика реализуется через творческое прочтение им целевой установки по изменению систем «человек-техника», «человек-общество», «человек-природа».

Природное и социальное начала предмета проектирования и проекта проектировщика имеют жёсткие маркеры - первый напрямую связан с потребительной стоимостью, второй - со стоимостью [54].

Понятия - «предмет проектирования - процесс», «предмет проектирования - вещь» позволяют исследовать параметры продукта проектирования на каждой из стадий жизненного цикла, где фиксируются усилия проектировщика и средств его труда, а также общий итог работы.

Жизненный цикл продукта труда проектирования целесообразно анализировать с учётом наличия двух технологических цепочек - базовой и параллельной.

Базовый вариант ассоциируется с процессами:

- *распредмечивания* (манипуляции в рамках духовного производства), этапы: нулевой (осмысление координат будущего продукта); первичный (разработка технического задания); вторичный (оформление технического проекта, с последующим созданием готового продукта в виде текстов, графиков, схем и т.п.).
- *опредмечивания* (манипуляции в рамках материального производства), этапы: овеществления продукта проектирования (доведения его до кондиций конечного продукта); эксплуатация продукта; утилизация по причине физического и/или морального износа.

Параллельный вариант реализуется в рамках собственно проектирования, создания мысленного образа будущего продукта в виде неожиданно появившихся побочных продуктов (идеи, версии, не относящиеся к цели проектирования - эффект серендипности⁵). Такие случайные «информационные отходы» могут «перекрывать» значимость разработки целевого сюжета. Но заметить, а тем более оценить такой случайный продукт, может только подготовленный, любопытный ум, наделённый широтой подходов к производственной задаче, не признающий границ узкой специализации.

В рамках опредмечивания функционирующие параллельные цепочки начинают работать по алгоритму производств материального типа, что является причиной образования материальных (вещественных) отходов, которые необходимо отслеживать с учётом экологических рисков и параметра безопасности [55]. Вышеизложенное можно завершить предложением - ввести в онтологию проектирования понятие «точка запрета». Последняя фиксирует переход от условного предмета труда к первичному, далее вторичному [56].

Заключение

Создание словаря, ориентированного на терминологию сферы проектирования-конструирования, в прогностическом отношении перспективно [51]. Важно, чтобы представители научно-естественного, технического и гуманитарного профилей стали активными его участниками.

Список источников

- [1] Строительство. Энциклопедия современной техники.- М.: Советская энциклопедия, 1964. - с.468-469.
- [2] Большой энциклопедический словарь.- М.: Большая российская энциклопедия,1998. - 964 с.
- [3] Политехнический словарь.- М.: Советская энциклопедия, 1977. - 392 с.
- [4] *Jones, J.C.*, Essays in design, N.Y, Toronto,etc., 1984.- p.X.
- [5] *Джонс, Дж.К.* Методы проектирования. М.: Мир,1986. - 326с.
- [6] Химическая энциклопедия.- М.: Большая российская энциклопедия, 1995. - 184 с.

⁵ *Серендипность* (англ. serendipity) — интуитивная прозорливость, термин, обозначающий способность, делая глубокие выводы из случайных наблюдений, находить то, что намеренно не искали.

- [7] *Лозовой, Л.Ш., Райзберг, Б.А., Ратковский, А.А.* Универсальный бизнес словарь. - М.: Инфра-М, 1997. - 59 с.
- [8] Экономическая энциклопедия. - М.: Экономика, 1999. - с. 63.
- [9] Российская социологическая энциклопедия. - М.: Норма-Инфра, 1999. - 419 с.
- [10] Архитектурно-строительный словарь / Сост. В.П. Полищук, Курск, 2001. - 90 с.
- [11] Авиация. Энциклопедия / Гл.ред: Г.П.Свищев. - М.: Большая российская энциклопедия, 1994.- с.451
- [12] *Новикова, Е.В.* Стратегия многокритериального выбора проектных решений ситуационных центров / Е.В.Новикова // Информационное общество. - №5, 2012. - с.53-61.
- [13] *Ващенко, О.В.* Педагогическое проектирование и его использование в педагогическом процессе, 2014.- <http://nsportal.ru>.
- [14] *Доброхотов, А.Л.* Онтология / Новая философская энциклопедия.- В 4-х т.-Т.3. -М.:Мысль, 2001.- 693 с.
- [15] Новейший энциклопедический словарь.- М.: Аст, Астрахань, 2004.- 911 с.
- [16] Большая энциклопедия в 62 томах.-Т.34. -М.: Терра, 2006. - 596 с.
- [17] *Gruber T.* A translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Journal Knowledge Acquisition*, vol.5. 1993. pp. 199-220.
- [18] *Гаврилова, Т.А., Хорошевский, В.Ф.* Базы данных интеллектуальных систем. - СПб.: Питер, 2001. - 384 с.
- [19] *Константинова, И.С., Митрофанова, О.А.* Онтологии как системы хранения знаний.- СПб.: Информационно-телекоммуникационные системы, 2008. - с.1-3.
- [20] *Калуцкая, А.П., Тарасов, В.Б.* Гранулярная онтология пространства для когнитивных мобильных роботов //Труды 12-й Национальной конференции по искусственному интеллекту. -Тверь, 20-24, сентября 2010. Т.3.- с.430-441.
- [21] *Шведин, Б.Я.* Онтология проектирования - terra incognita / Б.Я.Шведин // Онтология проектирования.- №1, 2011.- с.9-21.
- [22] *Горовой, В.* Языки и программные средства. Описание технологий / В. Горовой , И.Шигина // Материалы международной научной конференции «Информация, коммуникация, общество».- СПб.: ЛЭТИ, 2009. – 446 с.
- [23] *Коварцев, А.Н.* Онтологический аспект модели вычислений графосимволического программирования/ А.Н. Коварцев // Онтология проектирования. № 3, 2012. - с.38-48.
- [24] *Ломов, П.А.* Преобразование OWL-онтологий для визуализации и использования в качестве основы пользовательского интерфейса / П.А.Ломов, М.Г.Шишаев, В.В.Диковицкий //Онтология проектирования.- №3, 2012.- с.62-78.
- [25] *Карпова, И.* Разработка онтологии в области наноконпозиционных материалов /И. Карпова, Е. Порысева, Г. Казаков, Э. Кольцова // Информационные ресурсы России.- №2, 2012.- с.5-10.
- [26] *Скобелев, П.О.* Онтология деятельности для ситуационного управления предприятиями в реальном времени / П.О. Скобелев // Онтология проектирования.- №1, 2012. - с.6-38.
- [27] *Черняховская, Л.Р.* Разработка моделей и методов интеллектуальной поддержки принятия решений на основе онтологии организационного управления программными проектами /Л.Р. Черняховская, А.И. Малахова //Онтология проектирования.- № 4, 2013.- с.42-52.
- [28] *Валькман, Ю.Р.* Проектирование онтологии для правовой предметной области на основе текстового контакта с использованием нечеткой логики /Ю.Р. Валькман, Е.А. Хала //Онтология проектирования.- №2, 2014.- с.19-39.
- [29] *Чистякова, И.С.* Роль онтологий в интеграции данных в семантическом вебе/ И.С. Чистякова // Инженерия программного обеспечения. - №1 (17), 2014.- с.57-60.
- [30] *Гегель.* Энциклопедия философских наук.-Т.1.- М.: Мысль, 1974. - 452с.
- [31] *Слесарев, Е.В.* Преимущества семантических технологий: практический аспект . - <http://fetmag.mrsu.ru/2012-1/pdf/Slesarev.pdf>
- [32] *Крюков, К.В.,* Панкова, Л.А., Пронина, В.А., Суховеров, В.С., Шипилина, Л.В. Меры семантической близости в онтологии. - <http://cyberleninka.ru/article/n/mery-semantiches-koynblizosti-v-ontologii>.
- [33] *Гаврилова, Т.А.* От инженерии знаний к онтологическому инжинирингу /Вторые чтения «Искусственный интеллект - проблемы и перспективы» 30 ноября -1 декабря 2005г. - <http://posp.gaii.org>.
- [34] *Ландэ, Д.В.* Подход к созданию терминологических онтологий/ Д.В. Ландэ, А.А. Снарский // Онтология проектирования.- №2, 2014.- с.83-89.
- [35] Уподобимся Сократу или апология проектирования // Онтология проектирования. - №1, 2011.- с. 5-7
- [36] *Маркс, К.* Капитал. Критика политической экономии /Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.23. - с.188.
- [37] *Соснина, Т.Н.* Об оптимальном эколого-экономическом варианте функционирования системы «человек - средство труда - предмет труда»/ Т.Н. Соснина //Экологизация. Международный альманах.Свищов-Болгария, 1984.- с.195-209.
- [38] *Соснина, Т.Н.* Материальные и информационные потоки производства. Т.1. - Самара: СГАУ, 1997. - 243 с.

- [39] **Маркс, К.** К критике политической экономии. Отдел первый. Капитал вообще / К.Маркс, Ф.Энгельс. Соч., т.13.- с.13,22.
- [40] **Соснина, Т.Н.** Предмет труда как процесс превращения природного в социальное.- М.: ИНИОН РАН, 1973. - 21с.
- [41] **Соснина, Т.Н.** Продукты природы и общества (сравнительный анализ). - Самара: СГАУ, 2007. - с.145-148.
- [42] **Соснина, Т.Н.** Предмет труда и современное производство.- Изд-во Саратовск. ун-та, 1984. - с.65-93.
- [43] **Соснина, Т.Н.** Предмет труда. Философский анализ. - Изд-во Саратовск. ун-та, 1976. - с.5-105.
- [44] **Маркс, К.** Критика политической экономии (черновой набросок 1857-1858 годов) / К.Маркс, Ф.Энгельс. Соч., т.46, ч.1. - с.250.
- [45] **Соснина, Т.Н.** Параметры качества продукта с позиций теории предмета труда /Т.Н. Соснина // Материалы международной конференции «Информация-коммуникация-общество». - СПб.: ЛЭТИ, 2000. - с.152-155.
- [46] **Соснина, Т.Н.** Методологические параметры технологического развития России в контексте выводов теории предмета труда и необходимости перевода экономики в режим перманентных инноваций // Новости военно-промышленного комплекса, 2015г.- <http://vpk.name/news>
- [47] Большая энциклопедия нефти, газа. - ngpedia.ru/id/395682p1.html
- [48] **Цукерман, В.А.** Промышленная, инвестиционная и инновационная политики: Энциклопедический словарь/ Под общ.ред. В.А.Цукермана.- Апатиты, Изд. Кольского научного центра РАН, 2009. – 242 с.
- [49] **Бернар, И. Колли, Ж.-К.** Толковый экономический и финансовый словарь (фр., русск., англ., нем., исп. терминология). - В 2-х тт.-Т.2.- М.: Международные отношения, 1997.- 760 с.
- [50] **Клиффорд, Ф. Грей, Эрик У.Ларсен.** Управление проектами. - М.: Дело и сервис, 2003. – 527 с.
- [51] **Боргест, Н.М.** Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщение / Н.М. Боргест //Онтология проектирования. - №3, 2013.- с. 9-31.
- [52] **Кузнецов, О.Л.** Определение предмета и метода проектирования устойчивого развития в системе «природа-общество-человек» /О.Л. Кузнецов, Б.Е. Большаков // Ун-т Дубна. - <http://www.uni-dubna>
- [53] **Соснина, Т.Н.** Семантический статус понятий «инновация», «инновационный процесс», «инновационный продукт» (методологический аспект) / Т.Н.Соснина //Вестник СГАУ. - №3, 2014.- с.168-180.
- [54] **Соснина, Т.Н.** Жизненный цикл продукта в аспекте постулатов логистики и теории предмета труда /Т.Н.Соснина // Вестник СГАУ. - №1, 2008. - с. 261-268.
- [55] **Соснина, Т.Н.** Стоимость: экономический, экологический и социальный аспекты (методологическое исследование).- Самара: СНЦ РАН, 2008. - 428 с.
- [56] **Соснина, Т.Н.** Учёт технологических точек запрета и качества управленческих решений /Т.Н. Соснина // II Всерос. симпозиум по прикладной и промышленной математике. Обзорение прикладной и промышленной математики. Том 8, вып.1, 2001.- с.330.

ONTOLOGY OF DESIGNING IN THE CONTEXT OF THE LABOR'S SUBJECT THEORY POSTULATES

T.N. Sosnina

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev (National Research University), Samara, Russia
tnssau@bk.ru

Abstract

A variant of defining the semantic status of the ontology of designing is proposed with regard to metamorphosis of the means of labor – basic elements of any production process. The definitions of the terms “design”, “ontology” and “ontology of designing” are considered in the historic-logic perspective. The postulates of the labor theory are analyzed. Those postulates describe the natural (user-cost), social (cost), thing and process characteristics. The difference between a finished and final product is stated. The terms “result of designing” and “project”; “object of designing” and “thing” are compared. The necessity for implication of a new triad of definitions: nominal, primary and secondary objects of design is presented. The essence of the designing process is specified in the context of the “objectivation-disobjectivation” paradigm. The status of the subject of designing is considered as the goal-directing and the goal-achievement functional unity. The lifecycle of designing is analyzed in the form of two technological chains – the basic one and the parallel one. The first one is associated with the processes of designing, the stages of the product’s lifecycle

up to the recycling. The second one is associated with the possibility to utilize any byproducts in material and informational forms.

Key words: *ontology; ontology of designing; finished and final products of designing; the objectivation-disobjectivation; product life cycle.*

References

- [1] Stroitel'stvo. EHntsiklopediya sovremennoj tekhniki [Building. Encyclopedia of modern technology]. - Moscow: Soviet encyclopedia, 1964. - pp.468-469 (In Russian).
- [2] Bol'shoj ehntsiklopedicheskij slovar' [Large Encyclopedic Dictionary]. - Moscow: Big Russian encyclopedia, 1998. - 964 p. (In Russian).
- [3] Politekhicheskij slovar' [Polytechnic Dictionary]. - Moscow: Soviet encyclopedia, 1977. - 392 p. (In Russian).
- [4] **Jones J.C.**, Essays in design, N.Y, Toronto, etc., 1984.- p.X.
- [5] **Jones J.C.** Metody proektirovaniya [Design methods]. - Moscow: Mir, 1986. - 326p. (In Russian)
- [6] Khimicheskaya ehntsiklopediya [Chemical Encyclopedia]. - Moscow: Big Russian encyclopedia, 1995. - 184 p. (In Russian)
- [7] **Lozovoj L.SH., Rajzberg B.A., Ratkovskij A.A.** Universal'nyj biznes slovar' [Universal Business Dictionary]. - Moscow: Infra-M, 1997. - 59 p. (In Russian)
- [8] Ekonomicheskaya ehntsiklopediya [Economic Encyclopedia]. - Moscow: Ekonomika, 1999. - p. 63 (In Russian).
- [9] Rossijskaya sotsiologicheskaya ehntsiklopediya [The Russian Sociological Encyclopedia]. - Moscow: Norma-Infra, 1999. - 419 p. (In Russian).
- [10] Arkhitekturno-stroitel'nyj slovar' [Architecture and Construction Dictionary]/ Composed by V.P. Polishyk, Kyrsk, 2001. - 90 p. (In Russian).
- [11] Aviatsiya. EHntsiklopediya [Aviation. encyclopedia]/Sen. editor: G.P.Svishev.-Moscow: Big Russian encyclopedia, 1994.- p.451 (In Russian).
- [12] **Novikova, E.V.** Strategiya mnogokriterial'nogo vybora proektnykh reshenij situatsionnykh tsevtrov [The strategy of multi-criteria selection of design solutions situational centers]/ E.V.Novikova // Informatsionnoe obshestvo. - №5, 2012. - pp.53-61 (In Russian).
- [13] **Vashhenko, O.V.** Pedagogicheskoe proektirovanie i ego ispol'zovanie v pedagogicheskom protsesse [Instructional design and its use in the pedagogical process], 2014. - <http://nsportal.ru> (In Russian).
- [14] **Dobrokhoto, A.L.** Ontologiya/Novaya filosofskaya ehntsiklopediya [Ontology / New Encyclopedia of Philosophy.] - In 4 volumes -Vol.3. -Moscow: Mysl, 2001. - 693 p. (In Russian).
- [15] Novejsij ehntsiklopedicheskij slovar' [The latest Encyclopedic Dictionary]. - Moscow: Ast, Astrakhan, 2004. - 911 p. (In Russian).
- [16] Bol'shaya ehntsiklopediya v 62 tomakh [The Great Encyclopedia in 62 volumes].-Vol.34. -Moscow: Terra, 2006. - 596 p. (In Russian).
- [17] **Gruber T.** A translation Approach to Portable Ontology Specifications. Journal *Knowledge Acquisition*, vol.5. 1993. pp. 199-220.
- [18] **Gavrilova, T.A., KHoroshevskij, V.F.** Bazy dannykh intellektual'nykh sistem [Databases for Intelligent Systems]. - СПб.: Питер, 2001. - 384 p. (In Russian)
- [19] **Konstantinova, I.S., Mitrofanova, O.A.** Ontologii kak sistemy khraneniya znaniy [Ontologies as the storage of knowledge].- Saint-Petersburg.: Infomational-telecommunicational systems, 2008. - p.1-3 (In Russian).
- [20] **Kalutskaya, A.P., Tarasov, V.B.** Granulyarnaya ontologiya prostranstva dlya kognitivnykh mobil'nykh robotov [Granular ontology of space for cognitive mobile robots] //Proceedings of 12th national conference on artificial intelligence. -Tver, 20-24, September 2010. Vol.3.- pp.430-441 (In Russian).
- [21] **Shvedin, B.YA.** Ontology of designing - terra incognita / B.Ya. Shvedin // Ontology of designing. - No.1, 2011.- pp.9-21 (In Russian).
- [22] **Gorovoj, V., Shigina, I.** Yazyki i programmnye sredstva. Opisanie tekhnologij [Languages and software tools. Description of the technologies]/ V. Gorovoj, I.Shigina // Proceedings of international conference «Information, communication, society».- Saint-Petersburg.: LETI, 2009. - 446 p. (In Russian).
- [23] **Kovartsev, A.N.** Ontologicheskij aspekt modeli vychislenij grafosimvolicheskogo programmirovaniya [The ontological aspect of computing model for grafossymbolic programming]/ A.N. Kovartsev // Ontology of designing. No. 3, 2012. - pp.38-48 (In Russian).
- [24] **Lomov, P.A., SHishaev, M.G., Dikovitskij, V.V.** Preobrazovanie OWL-ontologij dlya vizualizatsii i ispol'zovaniya v kachestve osnovy pol'zovatel'skogo interfejsa [Transforming OWL-ontologies to visualize and use as the basis of the user interface]/ P.A. Lomov, M.G. Shishaev, V.V. Dikovitskij //Ontology of designing. - No.3, 2012. - pp.62-78 (In Russian).

- [25] **Karpova, I.** Razrabotka ontologii v oblasti nanokompozitsionnykh materialov [The development of an ontology in nanocomposite materials]/I. Karpova, E.Poriseva, G.Kazakov, E.Koltsova // Informational resources of Russia. - No.2, 2012. - pp.5-10 (In Russian).
- [26] **Skobelev, P.O.** Ontologiya deyatelnosti dlya situatsionnogo upravleniya predpriyatiyami v real'nom vremeni [Ontology activities for situational management of enterprises in real time] / P.O.Skobelev // Ontology of designing. - No.1, 2012. - pp.6-38 (In Russian).
- [27] **Chernyakhovskaya, L.R., Malakhova, A.I.** Razrabotka modelej i metodov intellektual'noj podderzhki prinyatiya reshenij na osnove ontologii or-ganizatsionnogo upravleniya programmnyimi proektami [Development of models and methods for intelligent decision support ontology-based organizational management software projects]/ L.R.Chernyakhovskaya, A.I. Malakhova // Ontology of designing. - No. 4, 2013. - pp.42-52 (In Russian).
- [28] **Val'kman, Yu.R.** Proektirovanie ontologii dlya pravovoj predmetnoj oblasti na osnove tekstvoogo kontakta s ispol'zo-vaniem nechetkoj logiki [Ontology design for the legal domain, based on text contact with fuzzy logic] / Yu.R. Val'kman, E.A. Khala // Ontology of designing. - No.2, 2014. - pp.19-39 (In Russian).
- [29] **Chistyakova, I.S.** Rol' ontologij v integratsii dannykh v semanticheskom vebe [The role of ontologies to integrate data on the Semantic Web]// Software engineering. – No.1 (17), 2014. - pp.57-60 (In Russian).
- [30] **Gegel'.** Entsiklopediya filosofskikh nauk [Encyclopedia of Philosophy]. - Vol.1. - Moscow: Mysl, 1974. – 452 p. (In Russian).
- [31] **Slesarev, E.V.** Preimushhestva semanticheskikh tekhnologij: prakticheskij aspekt [The advantages of semantic technologies: practical aspects]. - <http://fetmag.mrsu.ru/2012-1/pdf/Slesarev.pdf> (In Russian).
- [32] **Kryukov, K.V.,** Pankova, L.A., Pronina, V.A., Sukhoverov, V.S., SHipilina, L.V. Mery semanticheskoy blizosti v ontologii [Measures of semantic proximity in ontology]. - <http://cyberleninka.ru/article/n/mery-semanticheskoy-blizosti-v-ontologii> (In Russian).
- [33] **Gavrilova, T.A.** Ot inzhenerii znaniy k ontologicheskomu inzhiniringu [From engineering knowledge to ontological engineering] /Second readings «Artificial intelligence – problems and perspectives» 30 November -1 December 2005г. -<http://posp.raai.org> (In Russian).
- [34] **Landeh, D.V.** Podkhod k sozdaniyu terminologicheskikh ontologij [The approach to the creation of terminological ontologies]/ D.V.Landeh, A.A.Snarskij // Ontology of designing. - No.2, 2014. - pp.83-89 (In Russian).
- [35] Upodobimsya Sokratu ili apologiya proektirovaniya [Apology of designing: in steps of Socrates]// Ontology of designing. – No.1, 2011. - pp. 5-7 (In Russian).
- [36] **Marks K.** Kapital. Kritika politicheskoy ehkonomii [Capital. Critique of Political Economy]/ Marks K.,EHngel's F. Vol. 23. - p.188 (In Russian).
- [37] **Sosnina, T.N.** Ob optimal'nom ehkologo-ehkonomicheskom variante funktsionirovaniya sistemy «chelovek - sredstvo truda - predmet truda» [On the optimal ecological and economic options of the system "man - the means of labor - the subject of work"]/ T.N. Sosnina // Ekologizatsiya. Mezhdunarodnyj al'manakh.Swishov-Bolgaria, 1984. - pp.195-209 (In Russian).
- [38] **Sosnina, T.N.** Material'nye i informatsionnye potoki proizvodstva [The material and information flows of production]. Vol.1. - Samara: Samara State Aerospace University, 1997. - 243 p (In Russian).
- [39] **Marks K.** K kritike politicheskoy ehkonomii. Otdel pervyj. Kapital voobshhe [Critique of Political Economy. First Division. Capital in general] / K.Marks, F.EHngel's.Vol.13. - pp.13,22 (In Russian).
- [40] **Sosnina, T.N.** Predmet truda kak protsess prevrashheniya prirodno go v sotsial'noe [The subject of labor as a process of turning natural into a social]. - Moscow: INION RAS, 1973. – 21p. (In Russian).
- [41] **Sosnina, T.N.** Produkty prirody i obshhestva (sravnitel'nyj analiz) [Products of nature and society (comparative analysis)]. - Samara: SSAU, 2007. - pp.145-148 (In Russian).
- [42] **Sosnina, T.N.** Predmet truda i sovremennoe proizvodstvo [The subject of labor and modern production]. - Saratov university publ., 1984. - pp.65-93 (In Russian).
- [43] **Sosnina, T.N.** Predmet truda. Filosofskij analiz [The subject of labor. Philosophical analysis]. - Saratov university publ.,1976. - pp.5-105 (In Russian).
- [44] **Marks K.** Kritika politicheskoy ehkonomii (chernovoj nabrosok 1857-1858 godov) [Critique of Political Economy (rough draft 1857-1858 period)] / K.Marks, F.EHngel's.Vol.46, part.1. - p.250 (In Russian).
- [45] **Sosnina, T.N.** Parametry kachestva produkta s pozitsij teorii predmeta truda /T.N. Sosnina // Proceedings of the international conference "Information-communication-society". – Saint-Petersburg.: LETI, 2000. - pp.152-155 (In Russian).
- [46] **Sosnina, T.N.** Metodologicheskie parametry tekhnologicheskogo razvitiya Rossii v kontekste vyvodov teorii predmeta truda i neobkhodimosti perevoda ehkonomiki v rezhim permanentnykh innovatsij [The methodological parameters of the technological development of Russia in the context of the conclusions of the theory of the subject of work and the need to shift the economy mode of permanent innovation] // News of the military-industrial complex, 2015г.- <http://vpk.name/news> (In Russian).

- [47] Bol'shaya ehntsiklopediya nefti, gaza [The Great Encyclopedia of oil, gas]. - ngpedia.ru/id 395682p1.html (In Russian).
- [48] **Tsukerman, V.A.** Promyshlennaya, investitsionnaya i innovatsionnaya politiki: EHntsiklopedicheskij slovar' [Industry, Investment and Innovation Policy: Encyclopedic Dictionary]/ Editor V.A.Tsukerman. - Apatity, publ. of Kola scientific center RAS, 2009. – 242p. (In Russian).
- [49] **Bernar, I. Kolli, ZH. -K.** Tolkovyj ehkonomicheskij i finansovyj slovar' [Explanatory economic and financial dictionary]. - In two volumes. -Vol.2. - Moscow: International relations, 1997. - 760p. (In Russian).
- [50] **Klifford, F. Grej, Eric U.Larsen.** Upravlenie proektami [Management of projects]. - Moscow: Business and services, 2003. – 527p. (In Russian).
- [51] **Borgest, N.M.** Klyuchevye terminy ontologii proektirovaniya: obzor, analiz, obobshhenie [Key terms of the ontology design: review, analysis, synthesis]/ N.M. Borgest //Ontology of designing. – No.3, 2013. - pp. 9-31 (In Russian).
- [52] **Kuznetsov, O.L.** Opredelenie predmeta i metoda proektirovaniya ustojchivogo razvitiya v sisteme «priroda-obshchestvo-chelovek» [The definition of the subject and method of designing sustainable development in the "nature-society-man"] / O.L.Kuznetsov, B.E.Bol'shakov // Dubna university. -http://www.uni-dubna (In Russian).
- [53] **Sosnina, T.N.** Semanticheskij status ponyatij «innovatsiya», «innovatsionnyj protsess», «innovatsionnyj produkt» (metodologicheskij aspekt) [Semantic status of the concepts of "innovation", "innovation process", "innovative product" (methodological aspect)] / T.N. Sosnina //Vestnik SSAU. – No.3, 2014. - pp.168-180 (In Russian).
- [54] **Sosnina, T.N.** Zhiznennyj tsikl produkta v aspekte postulatov logistiki i teorii predmeta truda [The life cycle of the product in terms of logistics and the postulates of the theory of the subject of work] / T.N. Sosnina // Vestnik SSAU. – No.1, 2008. - pp. 261-268 (In Russian).
- [55] **Sosnina, T.N.** Stoimost': ehkonomicheskij, ehkologicheskij i sotsial'nyj aspekty (metodologicheskoe issledovanie) [Cost: economic, environmental and social aspects (methodological research)]. - Samara: SSC RAS, 2008. - 428 p. (In Russian).
- [56] **Sosnina, T.N.** Uchet tekhnologicheskikh toчек zapreta i kachestva upravlencheskikh reshenij / T.N. Sosnina // Second Russian symposium on applied and industrial mathematics. Review of Applied and Industrial Mathematics. Vol. 8, Issue 1, 2001.- p.330 (In Russian).

Сведения об авторе



Соснина Тамара Николаевна, 1937 г. рождения. Окончила Куйбышевский государственный педагогический институт им. В.В.Куйбышева в 1959 году. Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, доктор философских наук, профессор кафедры философии и истории Самарского государственного аэрокосмического университета (национального исследовательского университета). Автор двенадцати монографий (<http://www.ssau.ru/resources/sotrudniki/sosnina/>). Область научных интересов: методологические проблемы материального, духовного, виртуального и социального производства с учетом экономической, технико-технологической, экологической, социальной составляющих.

Sosnina Tamara Nikolayevna, 1937 birth. Graduated from Kuibyshev State Pedagogical Institute named after V. V. Kuibyshev in 1959. Honored worker of higher school of the Russian Federation, doctor of philosophical Sciences, Professor of the Department of philosophy and history of Samara State Aerospace University (National Research University). The author of twelve scientific monographs (<http://www.ssau.ru/resources/sotrudniki/sosnina/>). Research interests: methodological problems of material, spiritual, virtual, and social production, taking into account economic, technical, technological, ecological, and social components.

МЕТОДИКА АГРЕГИРОВАННОГО ОЦЕНИВАНИЯ СИСТЕМ С ПОДДЕРЖКОЙ КЛЮЧЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ

Л.В. Аршинский

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия
larsh@mail.ru*

Аннотация

В работе рассматривается проблема построения агрегированных оценок качественного состояния систем, учитывающая наличие в системе ключевых компонентов (подсистем, функциональных элементов). Под ключевым понимается компонент, утрата которого обесценивает соответствующую подсистему или систему в целом. Методика позволяет назначать ключевые компоненты выборочно, в соответствии с их фактической ролью в системе, и строить агрегированные оценки с учётом этого. В её основу положен логико-аксиологический подход к оцениванию, согласно которому внутрисистемные зависимости между компонентами (например, их иерархия) описываются набором продукций $\neg c \rightarrow \neg c'$, где в качестве c' может выступать функциональный элемент, соответствующая подсистема или система в целом. Истинность такой продукции принадлежит интервалу $[0, 1]$ и характеризует потери c' при утрате c . Она рассматривается как ценность c для c' . Оценивание представляет собой нечёткий вывод на базе знаний, состоящий из таких продукций. Особенностью методики является возможность учитывать при оценивании как иерархические, так и иные взаимосвязи в системе.

Ключевые слова: система, ключевой компонент, агрегированное оценивание, логико-аксиологический подход.

Введение

Построение агрегированных оценок - одно из востребованных направлений современных исследований. Многие управленческие решения принимаются на их основе. Они являются неотъемлемой частью различных методик определения качества продукции, эффективности функционирования социальных и экономических структур, состояния окружающей среды и так далее (см., например, [1-5]). Нередко подобные оценки строятся как различного рода средние: арифметическое, геометрическое, гармоническое, медиана, и имеют иерархический характер: итоговая оценка и оценки промежуточных уровней получаются из оценок нижнего уровня с учётом соответствующей иерархии, причём рост оценки связывают с улучшением качественного состояния системы [1-3].

Составляющие иерархического оценивания часто предполагаются неравноправными: оценки нижних уровней иерархии вносят разный вклад в промежуточные и итоговую оценки. Это обстоятельство обычно учитывается весами начальных и промежуточных оценок и от простых средних переходят к взвешенным средним. Однако подобное оценивание обладает определёнными недостатками.

Во-первых, при достаточно развитой иерархии оценки нижних уровней иерархии слабо влияют на общую оценку. Изменение какой-либо оценки начального уровня практически не сказывается на итоге (на это было обращено внимание, например, в [6]).

Во-вторых, с его помощью невозможно учесть такую особенность как ключевые компоненты (подсистемы, функциональные элементы) в системе. Под ключевым здесь понимается компонент, утрата которого обесценивает соответствующую подсистему или

систему в целом. «Обесценивание» здесь означает, что агрегированная оценка принимает своё наименьшее значение, например ноль. Действительно, независимо от значений весовых коэффициентов $\alpha(C_i, S)$, обнуление любого из слагаемых, например, при средневзвешенном оценивании:

$$\chi(S) = \frac{\sum_{i=1}^{n(S)} \alpha(C_i, S) \chi(C_i)}{\sum_{i=1}^{n(S)} \alpha(C_i, S)}$$

не обеспечивает нулевого значения $\chi(S)$ при отдельно взятом $\chi(C_i) = 0$. Здесь $\chi(S)$, $\chi(C_i)$ - оценки системы S и компонента C_i соответственно, $\alpha(C_i, S)$ - вес (ценность) компонента C_i для системы S , $n(S)$ - число компонентов C_i в системе S (считаем, что $\chi = 0$ означает утрату, обесценивание соответствующего компонента или системы). Агрегирование при помощи средних геометрических или средних гармонических (включая взвешенные), наоборот, приводит к тому, что все компоненты становятся «ключевыми». Несколько сложнее ситуация с медианным оцениванием, однако и здесь при наличии трёх и более компонентов в системе или подсистеме эффективный учёт ключевых компонентов практически невозможен (медиана получит нулевое значение только если более половины компонентов будут охарактеризованы числом 0).

Наконец, в-третьих, при известных способах агрегирования обычно учитываются только иерархические связи между компонентами (вхождение функционального элемента в подсистему, подсистемы в систему, причём обычно с непересекающимися ветвями иерархий), но не влияние компонентов друг на друга, когда утрата функциональности одного из них влечёт снижение или утрату функциональности другого.

Очевидно, что если влияние компонентов друг на друга существенно и в системе имеются ключевые компоненты, подобные способы агрегирования оказываются неподходящими. Возникает задача разработки методики оценивания, учитывающей эти особенности. Причём методика должна позволять назначать эти компоненты выборочно, в соответствии с особенностями системы.

1 Агрегированное оценивание с поддержкой ключевых компонентов

В работе [7] предложен логико-аксиологический подход к оценке эффективности систем. В его основу положено следующее.

I. Система S считается состоящей из компонентов C_i , в качестве которых рассматриваем подсистемы и функциональные элементы; компоненты-подсистемы в свою очередь также могут содержать свои собственные компоненты. Здесь i - индекс компонента; количество компонентов на каждом уровне иерархии считаем конечным.

II. Состояние системы в целом и каждого из её компонентов характеризуется числами $\chi(S)$, $\chi(C_i) \in [0, 1]$ (характеризующие числа), где 0 означает утрату системы (компонента), неисполнение системой или компонентом своих целевых задач, а 1 - полноценное функционирование.

III. С каждым компонентом C также связаны одно или несколько чисел $\alpha(C, C') \in [0, 1]$, называемых *ценностью* C для C' ; $\alpha(C, C')$ показывает на сколько уменьшается характеризующее число $\chi(C')$ при утрате компонента C (когда $\chi(C) = 0$). В качестве C' выступают те компоненты системы, характеризующие числа которых зависят от C . Это может быть систе-

ма/подсистема, содержащая C в качестве своего непосредственного компонента, или другой компонент, на состояние которого C оказывает непосредственное влияние.

IV. Вводится понятие ключевого компонента. *Компонент C является ключевым для C' , если $\chi(C) = 0$ влечёт $\chi(C') = 0$.* Если C ключевой для C' , то $\alpha(C, C') = 1$.

V. Убыль эффективности компонента C' при частичной утрате компонентом C своих функциональных возможностей рассчитывается как:

$$(1) \quad \Delta(C') = \alpha(C, C') \cdot \Delta(C),$$

где $\Delta(C') = 1 - \chi(C')$ и $\Delta(C) = 1 - \chi(C)$.

VI. Если состояние компонента C' зависит от состояний компонентов C_1, C_2, \dots, C_n :

$$(2) \quad \Delta_1(C') = \alpha(C_1, C') \cdot \Delta(C_1);$$

$$(3) \quad \Delta_2(C') = \alpha(C_2, C') \cdot \Delta(C_2);$$

...

$$(4) \quad \Delta_n(C') = \alpha(C_n, C') \cdot \Delta(C_n).$$

$\Delta_i(C')$ – это частичные утраты функциональности компонента C' , обусловленные частичной утратой (снижением качества, снижением функциональности и т.д.) компонентов C_i . Для расчёта результирующего значения $\Delta(C')$ воспользуемся некоторой функцией $u(\Delta_1(C'), \dots, \Delta_n(C'))$ со свойствами:

$$(5) \quad \forall i (\Delta_i = 0) \Leftrightarrow u(\Delta_1, \dots, \Delta_n) = 0;$$

$$(6) \quad \exists i (\Delta_i = 1) \Rightarrow u(\Delta_1, \dots, \Delta_n) = 1;$$

$$(7) \quad \forall i ({}^1\Delta_i \leq {}^2\Delta_i \Rightarrow u(\dots, {}^1\Delta_i, \dots) \leq u(\dots, {}^2\Delta_i, \dots)).$$

(здесь и далее для краткости используем обозначения $\Delta_i(C') = \Delta_i$, $\chi_i(C') = \chi_i$, $\alpha(C_i, C') = \alpha_i$, $\Delta(C') = \Delta$, $\chi(C') = \chi$).

Принимая во внимание связи $\Delta_i = 1 - \chi_i$ и $\Delta(C_i) = 1 - \chi(C_i)$, выражения для (2)-(4) можно переписать относительно $\chi(C_i)$:

$$\chi_1 = 1 - \alpha_1 \cdot (1 - \chi(C_1));$$

$$\chi_2 = 1 - \alpha_2 \cdot (1 - \chi(C_2));$$

...

$$\chi_n = 1 - \alpha_n \cdot (1 - \chi(C_n)).$$

И результирующее значение χ рассчитывать с использованием функции $v(\chi_1, \dots, \chi_n)$, со свойствами:

$$(8) \quad \forall i (\chi_i = 1) \Leftrightarrow v(\chi_1, \dots, \chi_n) = 1;$$

$$(9) \quad \exists i (\chi_i = 0) \Rightarrow v(\chi_1, \dots, \chi_n) = 0;$$

$$(10) \quad \forall i ({}^1\chi_i \geq {}^2\chi_i \Rightarrow v(\dots, {}^1\chi_i, \dots) \geq v(\dots, {}^2\chi_i, \dots)).$$

Свойства (5) и (8) означают, что C' полноценно функционирует если и только если полноценно функционируют все влияющие на него компоненты C_i ; (6) и (9), – что утрата ключевого компонента (когда $\Delta_i = 1$) влечёт утрату C' ; (7) и (10), – что ущерб для C' монотонно возрастает с ростом Δ_i , а функциональность C' падает с падением функциональности влияющих на него компонентов.

Кроме того отметим, что поскольку между $\chi(C_i)$ и $\Delta(C_i)$, а также χ_i и Δ_i существует взаимосвязь $\chi(C_i) + \Delta(C_i) = 1$ и $\chi_i + \Delta_i = 1$, её естественно требовать и для пары агрегированных показателей χ и Δ . Это влечёт равенство:

$$(11) \quad u(\Delta_1, \dots, \Delta_n) + v(\chi_1, \dots, \chi_n) = 1.$$

Пары функций $u(\dots)$ и $v(\dots)$ будем называть сопряженными. Примерами таких пар являются:

$$\begin{aligned}
 (12) \quad & u(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n) = \mathbf{max}(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n); & v(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n) &= \mathbf{min}(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n); \\
 & u(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \Delta_i); & v(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n) &= \prod_{i=1}^n \chi_i; \\
 & u(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n) = \mathbf{min}(1, \sum_{i=1}^n \Delta_i); & v(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n) &= \mathbf{max}(0, \sum_{i=1}^n \chi_i - 1); \\
 (13) \quad & u(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n) = 1 - \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (1 - \Delta_i)}; & v(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n) &= \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \chi_i}; \\
 & u(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \Delta_i)^{\frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}}; & v(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n) &= \prod_{i=1}^n \chi_i^{\frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}}.
 \end{aligned}$$

Первые три группы функций связаны с понятиями триангулированной ко-нормы и триангулированной нормы, известными из нечёткой логики и теории нечётких множеств [8]. Четвёртая и пятая – среднее геометрическое и среднее геометрическое взвешенное, используемые в квалиметрии [1, 9]. Этим список функций не исчерпывается.

Компоненты C_i , связанные с C' , выступают в двух качествах: как структурные компоненты, образующие C' (если C' – это сама система S , то структурные компоненты есть образующие S подсистемы и функциональные компоненты первого уровня иерархии), и (возможно) как компоненты влияния. Под последними понимаем компоненты, не входящие в состав C' , но влияющие на его функционирование (рисунок 1). Их принципиально различает то, что утрата любого количества компонентов влияния (если только среди них нет ключевых) не влечёт утраты C' , тогда как утрата *всех* структурных компонентов влечёт утрату C' , даже если они не ключевые. С целью учёта такой особенности структурных компонентов, для расчёта результирующих значений $\Delta(C')$ и $\chi(C')$ при изменении $\chi(C_i)$ структурных компонентов используем полученные на основе $u(\dots)$ и $v(\dots)$ функции:

$$\begin{aligned}
 U(\Delta_1, \dots, \Delta_n) &= \frac{u(\Delta_1, \dots, \Delta_n)}{u(\alpha_1, \dots, \alpha_n)}; \\
 V(\chi_1, \dots, \chi_n) &= \frac{v(\chi_1, \dots, \chi_n) - v(1 - \alpha_1, \dots, 1 - \alpha_n)}{1 - v(1 - \alpha_1, \dots, 1 - \alpha_n)}.
 \end{aligned}$$

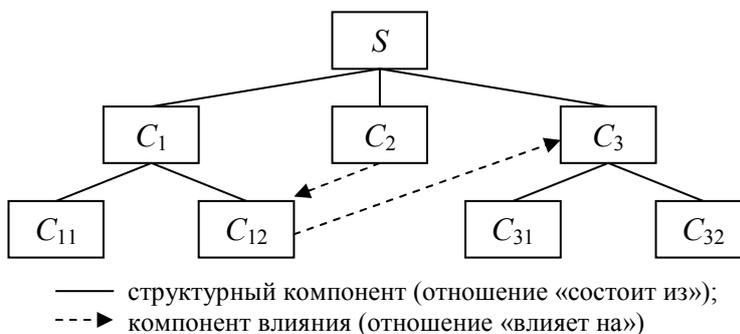


Рисунок 1 – К понятиям структурного компонента и компонента влияния

Функции $U(\dots)$ и $V(\dots)$ имеют свойства, аналогичные функциям $u(\dots)$ и $v(\dots)$:

$$(14) \quad \forall i (\Delta_i = 0) \Leftrightarrow U(\Delta_1, \dots, \Delta_n) = 0; \quad \forall i (\chi_i = 1) \Leftrightarrow V(\chi_1, \dots, \chi_n) = 1;$$

$$(15) \quad \exists i (\Delta_i = 1) \Rightarrow U(\Delta_1, \dots, \Delta_n) = 1; \quad \exists i (\chi_i = 0) \Rightarrow V(\Delta_1, \dots, \Delta_n) = 0;$$

$$\forall i ({}^1\Delta_i \leq {}^2\Delta_i \Rightarrow U(\dots, {}^1\Delta_i, \dots) \leq U(\dots, {}^2\Delta_i, \dots));$$

$$\forall i ({}^1\chi_i \geq {}^2\chi_i \Rightarrow V(\dots, {}^1\chi_i, \dots) \geq V(\dots, {}^2\chi_i, \dots)).$$

Они следуют из определений $U(\dots)$ и $V(\dots)$ и свойств функций $u(\dots)$ и $v(\dots)$: (5) и (8) – для (14), (6) и (9) – для (15). При этом в (14) учтено, что в силу зависимостей $\Delta_i = \alpha_i \cdot \Delta(C_i)$ и $\Delta_i + \chi_i = 1$, равенства $\Delta_i = 1$ и $\chi_i = 0$ реализуются, если и только если $\alpha_i = 1$. Плюс к этим трём свойствам, повторяющим свойства функций $u(\dots)$ и $v(\dots)$, добавляется ещё:

$$U(\alpha_1, \dots, \alpha_n) = 1;$$

$$V(1-\alpha_1, \dots, 1-\alpha_n) = 0.$$

Это обеспечивает правильные значения Δ и χ при утрате *всех* структурных компонентов. Наконец, можно удостовериться и в справедливости свойства:

$$U(\Delta_1, \dots, \Delta_n) + V(\chi_1, \dots, \chi_n) = 1,$$

которое вытекает из (11) и того факта, что $u(\alpha_1, \dots, \alpha_n) = 1 - v(1-\alpha_1, \dots, 1-\alpha_n)$.

Отметим также, что если $u(\alpha_1, \dots, \alpha_n) = 1$, то $U(\Delta_1, \dots, \Delta_n) = u(\Delta_1, \dots, \Delta_n)$, и $V(\chi_1, \dots, \chi_n) = v(\chi_1, \dots, \chi_n)$. Первое равенство очевидно, второе следует из первого, из определения $V(\dots)$ и из (11).

VII. Для получения итоговых Δ и χ используем сначала функции $U(\dots)$ и $V(\dots)$ для учёта вкладов структурных компонентов, затем функции $u(\dots)$ и $v(\dots)$ для учёта вкладов компонентов влияния.

2 Логико-аксиологический подход к агрегированному оцениванию

Вышеприведённая методика эффективно реализуется как логический вывод на основе технологии экспертных систем (ЭС). Это позволяет разработать достаточно универсальную оценивающую программу, в которой впоследствии придётся менять только базу знаний, описывающую конкретную систему, и вид функций $u(\dots)$ и $v(\dots)$, если это необходимо. В основе реализации лежит аналогия между этапами вышеописанного агрегированного оценивания и присоединённым логическим выводом, использующим нечёткую логику.

Считаем χ истинностью суждения «Компонент C' эффективен», а Δ – суждения «Компонент C' не эффективен», которые будем обозначать как c' и $\neg c'$. Обозначая истинность произвольного суждения a как $\|a\|$, можно записать: $\|c'\| = \chi$ и $\|\neg c'\| = \Delta$. Аналогично:

$$\| \langle \text{Компонент } C_i \text{ эффективен} \rangle \| = \|c_i\| = \chi(C_i);$$

$$\| \langle \text{Компонент } C_i \text{ не эффективен} \rangle \| = \|\neg c_i\| = \Delta(C_i).$$

Ценность $\alpha(C_i, C')$ свяжем с истинностью суждения:

$$\|\neg c_i \rightarrow \neg c'\| = \alpha(C_i, C').$$

С учётом этого агрегирование по схеме (2)-(4) с последующим объединением частичных убывлей эффективности и с использованием функций U и u выглядит как логический вывод по схеме:

$$\neg c_1, \neg c_1 \rightarrow \neg c' \vdash \neg c': \|\neg c'\|_1 = \|\neg c_1\| \cdot \|\neg c_1 \rightarrow \neg c'\|;$$

$$\dots$$

$$\neg c_n, \neg c_n \rightarrow \neg c' \vdash \neg c': \|\neg c'\|_n = \|\neg c_n\| \cdot \|\neg c_n \rightarrow \neg c'\|$$

$$\neg c': \|\neg c'\| = \cup(\|\neg c'\|_1, \dots, \|\neg c'\|_n);$$

где $\cup(\|\neg c'\|_1, \dots, \|\neg c'\|_n) = U(\|\neg c'\|_1, \dots, \|\neg c'\|_n)$ для структурных компонентов и $\cup(\|\neg c'\|_1, \dots, \|\neg c'\|_n) = u(\|\neg c'\|_1, \dots, \|\neg c'\|_n)$ для компонентов влияния. Это присоединённый вывод по правилу *modus ponens*; через двоеточие указана схема расчёта истинности заключения по истинности посылок.

Предлагаемый подход пригоден для учёта не только положительного, но и отрицательного вклада компонентов в функционирование C' , когда C_i «подавляет» C' . Формально это можно выразить равенством

$$(16) \quad \Delta_i(C') = \alpha(C_i, C') \cdot \chi(C_i),$$

или импликацией $c_i \rightarrow \neg c'$, и шагом вывода

$$c_i, c_i \rightarrow \neg c' \vdash \neg c': \|\neg c'\|_i = \|c_i\| \cdot \|c_i \rightarrow \neg c'\|$$

в логической форме. Функции $U(\dots)$ и $V(\dots)$, обрабатывающие компоненты структуры, при этом сохраняются, с той особенностью, что в выражениях $u(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ и $v(1-\alpha_1, \dots, 1-\alpha_n)$, не учитывается вклад структурных компонентов, отрицательно влияющих на C' (назовём их «паразитными»). В этом можно убедиться, заметив, что $u(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ и $v(1-\alpha_1, \dots, 1-\alpha_n)$ – это значения функций $u(\dots)$ и $v(\dots)$ при всех $\chi(C_i) = 0$ (утрата всех компонентов структуры соответствующего C'). Но в силу (16), соответствующие $\Delta_i(C')$ в этом случае равны 0.

Цепочка вывода выстраивается так, чтобы учесть особенности («последовательность») взаимодействия компонентов.

3 Примеры

В завершение продемонстрируем описанную методику на двух примерах.

Пусть компоненты C_1, C_2, C_3 на рисунке 1 имеют ценности $\alpha_1 = 0.5, \alpha_2 = 0.6, \alpha_3 = 0.7$ для S (т.е. в качестве C' выступает сама система); C_{11}, C_{12} имеют ценности $\alpha_{11} = 0.8, \alpha_{12} = 0.9$ для C_1 ; C_{31}, C_{32} – ценности $\alpha_{31} = 0.9, \alpha_{32} = 0.5$ для C_3 , причём компонент C_{32} паразитный. Компонентами влияния выступают C_2 , влияющий *негативно* с силой $\alpha_{2-12} = 0.3$ на C_{12} и компонент C_{12} , влияющий с силой $\alpha_{12-3} = 0.7$ на C_3 . Характеризующие числа компонентов $\chi(C_{11}), \chi(C_{12}), \chi(C_2), \chi(C_{31}), \chi(C_{32})$ все примем равными 0.6.

Соответствующий вывод выглядит следующим образом. Сначала иницируются значения истинности стартовых компонентов:

- 1) $\chi(C_{11}) = \|c_{11}\| = 0.6$;
- 2) $\chi(C_{12}) = \|c_{12}\| = 0.6$;
- 3) $\chi(C_2) = \|c_2\| = 0.6$;
- 4) $\chi(C_{31}) = \|c_{31}\| = 0.6$;
- 5) $\chi(C_{32}) = \|c_{32}\| = 0.6$.

Далее, поскольку есть влияние на стартовые компоненты (здесь – C_2 на C_{12}), вносим коррективы в $\|c_{12}\|$:

- 6) $c_2, c_2 \rightarrow \neg c_{12} \vdash \neg c_{12}: \|\neg c_{12}\|_2 = \|c_2\| \cdot \|c_2 \rightarrow \neg c_{12}\| = \|c_2\| \cdot \alpha_{2-12} = 0.6 \cdot 0.3 = 0.18$;
- 7) $\|\neg c_{12}\| = u(0.4, 0.18) = 0.4 + 0.18 - 0.4 \cdot 0.18 = 0.508$ – объединяем введённую истинность $\|\neg c_{12}\| = 0.4$ с вычисленным только что вкладом негативного компонента влияния c_2 ; в качестве $u(\dots)$ здесь и далее возьмем (12).

Рассчитаем Δ_1 :

- 8) $\neg c_{11}, \neg c_{11} \rightarrow \neg c_1 \vdash \neg c_1: \|\neg c_1\|_1 = \|\neg c_{11}\| \cdot \|\neg c_{11} \rightarrow \neg c_1\| = \|\neg c_{11}\| \cdot \alpha_{11} = 0.4 \cdot 0.8 = 0.32$;
- 9) $\neg c_{12}, \neg c_{12} \rightarrow \neg c_1 \vdash \neg c_1: \|\neg c_1\|_2 = \|\neg c_{12}\| \cdot \|\neg c_{12} \rightarrow \neg c_1\| = \|\neg c_{12}\| \cdot \alpha_{12} = 0.508 \cdot 0.9 = 0.4572$;

$$10) \Delta_1 = \|\neg c_1\| = \frac{u(0.32, 0.4572)}{u(0.8, 0.9)} = \frac{0.32 + 0.4572 - 0.32 \cdot 0.4572}{0.8 + 0.9 - 0.8 \cdot 0.9} \cong 0.6438 - \text{здесь учтено, что } c_{11} \text{ и}$$

c_{12} – компоненты структуры для c_1 .

Рассчитаем Δ_3 по известным $\|c_{31}\|$ и $\|c_{32}\|$, учитывая, что c_{32} – «паразитный» компонент:

$$11) \neg c_{31}, \neg c_{31} \rightarrow \neg c_3 \vdash \neg c_3: \|\neg c_3\|_1 = \|\neg c_{31}\| \cdot \|\neg c_{31} \rightarrow \neg c_3\| = \|\neg c_{31}\| \cdot \alpha_{31} = 0.4 \cdot 0.9 = 0.36;$$

$$12) c_{32}, c_{32} \rightarrow \neg c_3 \vdash \neg c_3: \|\neg c_3\|_2 = \|c_{32}\| \cdot \|c_{32} \rightarrow \neg c_3\| = \|c_{32}\| \cdot \alpha_{32} = 0.6 \cdot 0.5 = 0.3;$$

$$13) \Delta_3 = \|\neg c_3\| = \frac{u(0.36, 0.3)}{u(0.9)} = \frac{0.36 + 0.3 - 0.36 \cdot 0.3}{0.9} \cong 0.6133.$$

Учитываем влияние C_{12} на C_3 :

$$14) \neg c_{12}, \neg c_{12} \rightarrow \neg c_3 \vdash \neg c_3: \|\neg c_3\|_3 = \|\neg c_{12}\| \cdot \|\neg c_{12} \rightarrow \neg c_3\| = \|\neg c_{12}\| \cdot \alpha_{12-3} = 0.508 \cdot 0.7 = 0.3556;$$

$$15) \|\neg c_3\| \cong u(0.6133, 0.3556) = 0.6133 + 0.3556 - 0.6133 \cdot 0.3556 \cong 0.7508.$$

Наконец, рассчитаем Δ , выполнив необходимые шаги вывода:

$$16) \neg c_1, \neg c_1 \rightarrow \neg s \vdash \neg s: \|\neg s\|_1 = \|\neg c_1\| \cdot \|\neg c_1 \rightarrow \neg s\| \cong 0.6438 \cdot 0.5 = 0.3219;$$

$$17) \neg c_2, \neg c_2 \rightarrow \neg s \vdash \neg s: \|\neg s\|_2 = \|\neg c_2\| \cdot \|\neg c_2 \rightarrow \neg s\| = 0.4 \cdot 0.6 = 0.24;$$

$$18) \neg c_3, \neg c_3 \rightarrow \neg s \vdash \neg s: \|\neg s\|_3 = \|\neg c_3\| \cdot \|\neg c_3 \rightarrow \neg s\| \cong 0.7508 \cdot 0.7 \cong 0.5256;$$

$$19) \Delta = \|\neg s\| \cong \frac{u(0.3219, 0.24, 0.5256)}{u(0.5, 0.6, 0.7)} = \frac{1 - (1 - 0.3219) \cdot (1 - 0.24) \cdot (1 - 0.5256)}{1 - (1 - 0.5) \cdot (1 - 0.6) \cdot (1 - 0.7)} \cong 0.8037.$$

Окончательно:

$$20) \chi = \|s\| = 1 - \|\neg s\| \cong 0.1963.$$

Всю эту цепочку выполняет машина вывода ЭС.

При отсутствии отношений влияния C_2 на C_{12} и C_{12} на C_3 (см. рисунок 1), а также «непаразитности» структурного компонента C_{32} , получаем обычную иерархию и довольно простой логический вывод:

$$1) \|c_{11}\| = 0.6;$$

$$2) \|c_{12}\| = 0.6;$$

$$3) \|c_2\| = 0.6;$$

$$4) \|c_{31}\| = 0.6;$$

$$5) \|c_{32}\| = 0.6;$$

$$6) \neg c_{11}, \neg c_{11} \rightarrow \neg c_1 \vdash \neg c_1: \|\neg c_1\|_1 = \|\neg c_{11}\| \cdot \|\neg c_{11} \rightarrow \neg c_1\| = \|\neg c_{11}\| \cdot \alpha_{11} = 0.4 \cdot 0.8 = 0.32;$$

$$7) \neg c_{12}, \neg c_{12} \rightarrow \neg c_1 \vdash \neg c_1: \|\neg c_1\|_2 = \|\neg c_{12}\| \cdot \|\neg c_{12} \rightarrow \neg c_1\| = \|\neg c_{12}\| \cdot \alpha_{12} = 0.4 \cdot 0.9 = 0.36;$$

$$8) \Delta_1 = \|\neg c_1\| = \frac{u(0.32, 0.36)}{u(0.8, 0.9)} = \frac{0.32 + 0.36 - 0.32 \cdot 0.36}{0.8 + 0.9 - 0.8 \cdot 0.9} \cong 0.5763;$$

$$9) \neg c_{31}, \neg c_{31} \rightarrow \neg c_3 \vdash \neg c_3: \|\neg c_3\|_1 = \|\neg c_{31}\| \cdot \|\neg c_{31} \rightarrow \neg c_3\| = \|\neg c_{31}\| \cdot \alpha_{31} = 0.4 \cdot 0.9 = 0.36;$$

$$10) \neg c_{32}, \neg c_{32} \rightarrow \neg c_3 \vdash \neg c_3: \|\neg c_3\|_2 = \|\neg c_{32}\| \cdot \|\neg c_{32} \rightarrow \neg c_3\| = \|\neg c_{32}\| \cdot \alpha_{32} = 0.4 \cdot 0.5 = 0.2;$$

$$11) \Delta_3 = \|\neg c_3\| = \frac{u(0.36, 0.2)}{u(0.9, 0.5)} = \frac{0.36 + 0.2 - 0.36 \cdot 0.2}{0.9 + 0.5 - 0.9 \cdot 0.5} \cong 0.5137;$$

$$12) \neg c_1, \neg c_1 \rightarrow \neg s \vdash \neg s: \|\neg s\|_1 = \|\neg c_1\| \cdot \|\neg c_1 \rightarrow \neg s\| \cong 0.5763 \cdot 0.5 \cong 0.2882;$$

$$13) \neg c_2, \neg c_2 \rightarrow \neg s \vdash \neg s: \|\neg s\|_2 = \|\neg c_2\| \cdot \|\neg c_2 \rightarrow \neg s\| = 0.4 \cdot 0.6 = 0.24;$$

$$14) \neg c_3, \neg c_3 \rightarrow \neg s \vdash \neg s: \|\neg s\|_3 = \|\neg c_3\| \cdot \|\neg c_3 \rightarrow \neg s\| \cong 0.5137 \cdot 0.7 \cong 0.3596;$$

$$15) \Delta = \|\neg s\| \cong \frac{u(0.2882, 0.24, 0.3596)}{u(0.5, 0.6, 0.7)} = \frac{1 - (1 - 0.2882) \cdot (1 - 0.24) \cdot (1 - 0.3596)}{1 - (1 - 0.5) \cdot (1 - 0.6) \cdot (1 - 0.7)} \cong 0.6953.$$

Окончательно:

$$16) \chi = \|s\| = 1 - \|\neg s\| \cong 0.3047.$$

Если объявить компонент C_{32} ключевым для C_3 ($\alpha_{32} = 1$), и компонент C_3 ключевым для S ($\alpha_3 = 1$) расчёт по приведённой схеме при $\chi(C_{32}) = \|c_{32}\| = 0$ даст значение $\chi = \|s\| = 0$. В полном соответствии с представлением о ключевом компоненте.

Заметим, что выбор функции объединения $u(\dots)$ – отдельная задача. От неё во многом зависит результат оценивания. Например, если в последнем примере в качестве функции $u(\dots)$ взять (13) - среднее геометрическое используется в проблеме оценки качества, - получаем $\chi \cong 0.62$. В общем случае выбор $u(\dots)$ и $v(\dots)$ диктуется предметной областью. Причем, в пределах одной системы различные её компоненты могут требовать разные функции объединения. Пример дан в [7].

Заключение

Таким образом, можно заключить, что предлагаемая методика позволяет учитывать вклад ключевых компонентов в агрегированные оценки систем различной природы и может быть программно реализована на основе технологии ЭС. Последнее избавляет специалистов от необходимости разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы оценивания отдельных систем, заменяя программирование описанием внутрисистемных взаимосвязей в виде базы знаний.

Получаемая оценка зависит от структуры системы, значений ценностей компонентов и вида функций объединения, которые определяются предметной областью и могут различаться в пределах одной системы. Выбор функции $\cup(\dots)$ – отдельная задача, требующая специальных исследований.

Представленная методика не претендует на полноценное количественное моделирование влияния компонентов системы на её состояние, однако качественное описание, включая учёт роли ключевых компонентов, она обеспечивает.

Список источников

- [1] **Субетто, А.И.** Оценочные средства и технологии аттестации качества подготовки специалистов в вузах: методология, методика, практика / А.И. Субетто. – СПб.; М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 68 с.
- [2] ГОСТ 28195-89. Оценка качества программных средств. Общие положения / Межгосударственный стандарт. – М: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 30 с.
- [3] ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения / Межгосударственный стандарт. – М: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 22 с.
- [4] **Носков, С.И.** Оценка уровня уязвимости объектов транспортной инфраструктуры: формализованный подход / С.И. Носков, В.А. Протопопов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. №4. – С. 241-244.
- [5] **Копылов, И.С.** Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий / И.С. Копылов // Современные проблемы науки и образования. 2011. №6. - www.science-education.ru/100-5214.
- [6] **Абрамова, Н.А.** О некоторых мифах в оценке качества программного обеспечения / Н.А. Абрамова // Надежность. 2004. №1. – С. 38-63.
- [7] **Аршинский, Л.В.** Логико-аксиологический подход к оценке состояния систем / Л.В. Аршинский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. №3(39). – С. 140-146.
- [8] **Gottwald, S.** Treatise on Many-Valued Logics / S. Gottwald. – Leipzig, Institute of Logic and Philosophy of Science, Leipzig University, 2000. – 604 p.
- [9] **Азгальдов, Г.Г.** Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.

AGGREGATE METHOD OF ESTIMATING SYSTEMS WITH SUPPORT OF KEY COMPONENTS

L.V. Archinski

*Irkutsk State Railway Transport Engineering University, Irkutsk, Russia
larsh@mail.ru*

Abstract

The article describes the problem of aggregated evaluations of systems quality state. The evaluation takes into account the presence of key components in the system (subsystems, functional elements). Key components are those parts of the subsystem, failure of which leads to the failure of the subsystem or system as a whole. The proposed method allows for key components assertion based on their role in the system, and to make aggregated evaluations considering their role. The proposed method is based on the logic-axiological approach to evaluation. The named approach states that intersystem dependencies between components (i.e. the hierarchy) are defined with a set of productions $\neg c \rightarrow \neg c'$, where a functional element, subsystem or system as a whole can serve as c' . Verity of such production belongs to an interval $[0, 1]$ and characterizes the losses of c' in case the c is lost. It is being considered as value of c for c' . The evaluation is a fuzzy conclusion on a knowledge base that consists of described productions. The peculiarity of the method is the possibility to consider both hierarchical and other types of interconnection in the system.

Key words: *system, a key component, the aggregate estimation, logic-axiological approach.*

References

- [1] **Subetto, A.I.**, Otsenochnye sredstva i tekhnologii attestatsii kachestva podgotovki spetsialistov v vuzakh: metodologiya, metodika, praktika [Evaluation tools and techniques of quality certification of training in institutions of higher education: methodology, technique, practice] / A.I. Subetto. – Sain-Petersburg, Moscow: Issledovatel'skij tsentr problem kachestva podgotovki spetsialistov, [Research center of problems of quality of training], 2004. – 68 p. (In Russian).
- [2] GOST 28195-89. Quality control of software systems. General principles / International standard. – Moscow: Standard publ., 2001. – 30 p. (In Russian).
- [3] GOST 15467-79. Product-quality control. Basic concepts. Terms and definitions / International standard. – Moscow: Standard publ., 2002. – 22 p. (In Russian).
- [4] **Noskov, S.I.** Otsenka urovnya uyazvimosti ob"ektov transportnoj infrastruktury: formalizovannyj podkhod [Assessment of the vulnerability of transport infrastructure: a formalized approach] / S.I. Noskov, V.A. Protopopov // Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie [Modern technology. System analysis. Simulation.]. 2011. No. 4. – pp. 241-244. (In Russian).
- [5] **Kopylov, I.S.** Printsipy i kriterii integral'noj otsenki geohkologicheskogo sostoyaniya prirodnykh i urbanizirovannykh territorij [The principles and criteria for evaluation of the integrated geo-ecological conditions of natural and urban areas] / I.S. Kopylov // Modern problems of science and education. 2011. No. 6. – www.science-education.ru/100-5214. (In Russian).
- [6] **Abramova, N.A.** O nekotorykh mifakh v otsenke kachestva programmogo obespecheniya [On certain myths in assessing software quality] / N.A. Abramova // Nadejnost [Reliability]. 2004. No. 1. – pp. 38-63. (In Russian).
- [7] **Arshinskiy, L.V.** Logiko-aksiologicheskij podkhod k otsenke sostoyaniya sistem [Logical-axiological approach to the evaluation of the systems] / L.V. Arshinskiy // Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie [Modern technology. System analysis. Modelling]. 2013. No. 3(39). – pp. 140-146. (In Russian).
- [8] **Gottwald, S.** Treatise on Many-Valued Logics / S. Gottwald. – Leipzig, Institute of Logic and Philosophy of Science, Leipzig University, 2000. – 604 p.
- [9] **Azgal'dov, G.G.** Teoriya i praktika otsenki kachestva tovarov (osnovy kvalimetrii) [Theory and practice of assessing the quality of the goods (the basis of quality control)] / G.G. Azgal'dov. – Moscow.: Ekonomika, 1982. – 256 p. (In Russian).

Сведения об авторе



Аршинский Леонид Вадимович, 1957 г. рождения. Окончил Иркутский государственный университет в 1979 г., д.т.н. (2008). Заведующий кафедрой «Информационные системы и защита информации» Иркутского государственного университета путей сообщения. Член-корреспондент Российской академии естествознания. В списке научных трудов более 170 работ в области оптимизации несущей поверхности крыла вблизи экрана, распознавания образов, моделирования правдоподобных рассуждений, педагогического оценивания и др.

Leonid Vadimovich Arshinskiy (b. 1957) graduated from the Irkutsk State University (Irkutsk-city) in 1979, Dr of Tech. Sc. (2008). He is the Head of the “Information Systems and Information Protection” Department of Irkutsk State Railway Transport Engineering University. Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences. He is author of more than

170 scientific articles and abstracts in the field of aircraft with ground effect wings, image recognition, plausible inference, evaluation in pedagogics, etc.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАТТЕРНОВ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОНТОЛОГИЙ В РАМКАХ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ

П.А. Ломов

*Институт информатики и математического моделирования технологических процессов
Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Мурманская область, Россия
lomov@iimm.ru*

Аннотация

Статья посвящена проблеме разработки, сопровождения и использования прикладных онтологий, в рамках информационных систем интегрированного пространства знаний. Основной задачей при этом видится преодоление семантической разнородности онтологий и, как следствие, обеспечение семантической интероперабельности основанных на них информационных систем. Для этого предлагается применять онтологические паттерны на протяжении всего «жизненного цикла» онтологий. Представлено понятие паттерна онтологического проектирования, а также различные виды паттернов и их примеры. Приводятся основные преимущества применения паттернов в таких сценариях работы, как разработка онтологий, их визуализация для передачи онтологических знаний пользователям, выполнение запросов к онтологиям. Рассматриваются также основные проблемы, возникающие при использовании онтологий, основанных на паттернах.

Ключевые слова: онтология, онтологические паттерны, семантическая сеть, OWL, онтологический инжиниринг.

Введение

На сегодняшний день современной науке присущи интеграционные тенденции, заключающиеся в объединении в единое целое самых различных направлений научного познания мира, а также взаимодействие разнообразных методов и идей. Это приводит к формированию целостной научной картины мира и позволяет системно подходить к решению различных научных и практических задач.

В этой связи актуальна разработка технологий и программных средств, нацеленных на формирование и последующее коллективное использование *интегрированного пространства знаний* (ИПЗ). В работе [1] уже рассматривались общие подходы к организации архитектуры ИПЗ и был предложен гибридный вариант, предполагающий создание на общей основе и последующее связывание отдельных репозиторий научных знаний, каждый из которых поддерживается независимо. Такой способ организации соответствует сценарию создания семантической паутины (Semantic Web). Однако используемый для его реализации базис, включающий языки представления данных и знаний в машинопонимаемом виде - RDF (Resource Description Framework) и OWL (Ontology Web Language), протокол-язык запросов SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) - позволяет в большей степени обеспечить техническую интероперабельность информационных систем, формирующих ИПЗ. Необходимым же является достижение также их семантической интероперабельности, то есть обеспечения одинаковой интерпретации ими информационных объектов.

В свою очередь семантическая интероперабельность систем напрямую зависит от семантической разнородности их онтологий, которая определяется в зависимости от трудоемкости описания понятий одной онтологии в терминологической системе другой. Преодоление такой разнородности, как правило, рассматривается в контексте сложной и требующей для своего решения привлечения экспертов проблемы интеграции онтологий [2]. Однако в значительной мере снизить семантическую разнородность онтологий и тем самым нивелировать необходимость их интеграции можно на этапе их разработки, если руководствоваться тем, что они будут использоваться в информационных системах, функционирующих в рамках ИПЗ. Это обстоятельство предъявляет дополнительные требования к специалистам разных уровней. Так, эксперт предметной области должен перед представлением своих знаний в онтологии согласовать свой взгляд на различные объекты с тем, что уже представлено в ИПЗ другими экспертами. В результате это позволит привести новые знания как конкретизирующие существующие или как описывающие новые объекты, но в общем контексте, а также снизить вероятность появления противоречий и повторений. Специалисту по онтологическому инжинирингу необходимо при формализации понятий использовать приемы моделирования и правила описания понятий, соответствующие тем, которые были использованы при построении других онтологий ИПЗ. Вследствие чего знания предметных областей будут представлены в виде структурно сходных фрагментов онтологий, что обеспечит возможность их совместного использования без приведения к некоторому общему виду. Программисты, выполняющие реализацию информационной системы, в свою очередь должны реализовать принятый в рамках информационного пространства единый протокол обмена данными для организации формирования и корректной обработки отправляемых и принимаемых сообщений.

Для упрощения разработки и оперирования прикладными онтологиями, ориентированными на использование в рамках ИПЗ, в данной работе предлагается рассматривать их как совокупность реализаций шаблонов, или *паттернов*, онтологического проектирования (*Ontology Design Patterns, ODP*) [3]. Это позволит не только облегчить создание онтологий, позволяя экспертам предметной области работать не со специфическими языковыми конструкциями (аксиомами OWL, триплетами RDF), а их комбинациями, имеющими описания своего назначения и способами применения. В этом случае эксперту достаточно реализовать паттерн указанным образом, зависящим от вида и назначения паттерна. Впоследствии же, осуществляя различные обращения к содержимому онтологии, можно оперировать ее целостными фрагментами, исходя из смысла паттернов, которым они соответствуют.

Структура статьи выглядит следующим образом: в разделе 1 рассматривается понятие паттерна онтологического проектирования, а также технология разработки онтологий, основанная на их использовании. Раздел 2 посвящен рассмотрению преимуществ, которые могут быть получены при применении паттернов в рамках формирования ИПЗ. В раздел 3 представлены проблемы, которые необходимо решить для эффективного использования онтологий, разработанных на основе паттернов. В заключении сформулированы выводы.

1 Использование паттернов при разработке онтологий

Применение шаблонного подхода для создания онтологии было заимствовано из программной инженерии, где применение паттернов программирования стало обычной практикой при разработке сложных программных приложений. Это позволяло сделать структуру программы, реализующей множество сложных алгоритмов обработки многих информационных объектов, ясной для понимания и, как следствие, упрощало долговременное сопровождение.

дение программного кода разными программистами и снижало вероятность привнесения в него ошибок.

Отметим, что ранее в онтологическом инжиниринге уже применялись практики, сходные с использованием паттернов. К таковым относятся разработка прикладных онтологий на основе *онтологий верхнего уровня* (ОВУ), таких как DOLCE [4], BFO [5], GFO [6] и других. ОВУ в этом случае не только предоставляла систему инвариантных к предметным областям понятий и отношений, но и определяла способы представления на их основе специфических понятий предметной области. Однако использование ОВУ требовало изучения ее понятийной системы и различных концепций, лежащих в ее основе, что требовало дополнительных затрат труда и времени для эксперта. Вместе с тем в ряде случаев способы описания понятий, определенных в ОВУ, могли быть избыточными или недостаточными для конкретных задач онтологического моделирования. Решение данных проблем могло потребовать изменения понятийной системы ОВУ и/или введения различного рода дополнительных правил, которым необходимо было следовать при формализации знаний предметной области, что также усложняло дальнейшее сопровождение онтологии и нарушало «стандарты», заданные ОВУ.

К еще одной технологии, сходной с использованием паттернов, можно отнести использование *микроформатов* (Microformats) [7], которые являются простой альтернативой использованию RDF/OWL онтологий для семантического аннотирования элементов данных в HTML-страницах. По сути, микроформаты определяют стандартные способы представления простых понятий предметной области и их атрибутов, что позволяет различным вебсервисам одинаковым образом интерпретировать содержание HTML-страниц. Такой подход позволяет обойтись без создания и использования онтологий, однако его применение позволяет лишь несколько улучшить обработку контента, не позволяя представлять и оперировать сложными знаниями предметной области.

Онтологические паттерны представляют собой детально описанные и эффективные решения регулярно возникающих проблем онтологического моделирования. Они подразделяются на несколько типов в зависимости от решаемых задач:

- структурные паттерны (Structural ODPs) определяют общую структуру онтологии в соответствии с задачей моделирования, а также представляют способы преодоления ограничений выразительности языков описания онтологий;
- паттерны соответствия (Correspondence ODPs) применяются при необходимости описания существующей онтологии другим языком, а также при интеграции онтологий для определения соответствия между понятиями;
- паттерны содержания (Content ODPs) представляют собой небольшие фрагменты онтологий, на основе которых можно описать типовые положения вещей в предметной области (участие в событиях, части целого, последовательность сущностей и др.);
- паттерны логического вывода (Reasoning ODPs) позволяют обеспечить получение определенного результата логического вывода;
- паттерны представления (Presentation ODPs) определяют соглашения по наименованию и аннотированию элементов онтологии для их удобного восприятия пользователем;
- лексико-синтаксические паттерны (Lexico-Syntactic ODPs) содержат описания структуры предложений естественного языка, из которых могут быть построены фрагменты онтологии.

В данной работе будут рассматриваться главным образом онтологические паттерны содержания (CDP), так как они непосредственно могут быть использованы при разработке онтологий для обеспечения в результате их согласованности. CDP являются рекомендуемыми

способами построения фрагментов онтологий, представляющих знания об объекте предметной области, полученные при его рассмотрении с определенной точки зрения.

В качестве иллюстрации рассмотрим общий паттерн «Множественное участие» (Nary Participation) [8].

Этот паттерн (см. рисунок 1) позволяет отразить присутствие некоторых объектов (Object) в событии (Event), происходящем в определенный интервал времени (Time Interval). Данное тернарное отношение представлено «служебным» классом «NaryParticipation», который в свою очередь является разновидностью ситуации [9].

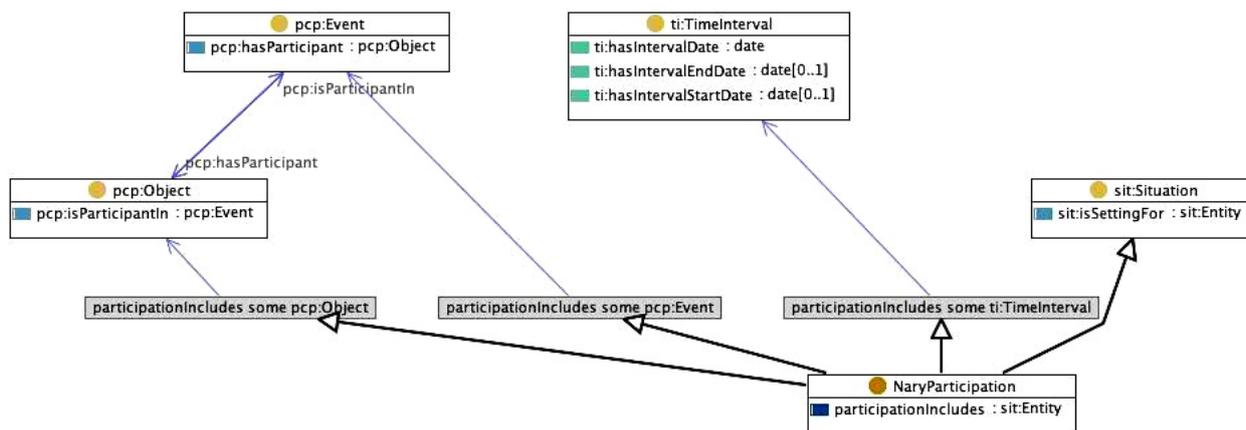


Рисунок 1 – Структура паттерна «Множественное участие»

В качестве примера специализированного CDP, ориентированного на представление знаний в области химии, физики, биологии, а также промышленности, можно привести паттерн «Материальная трансформация» [8] (рисунок 2).

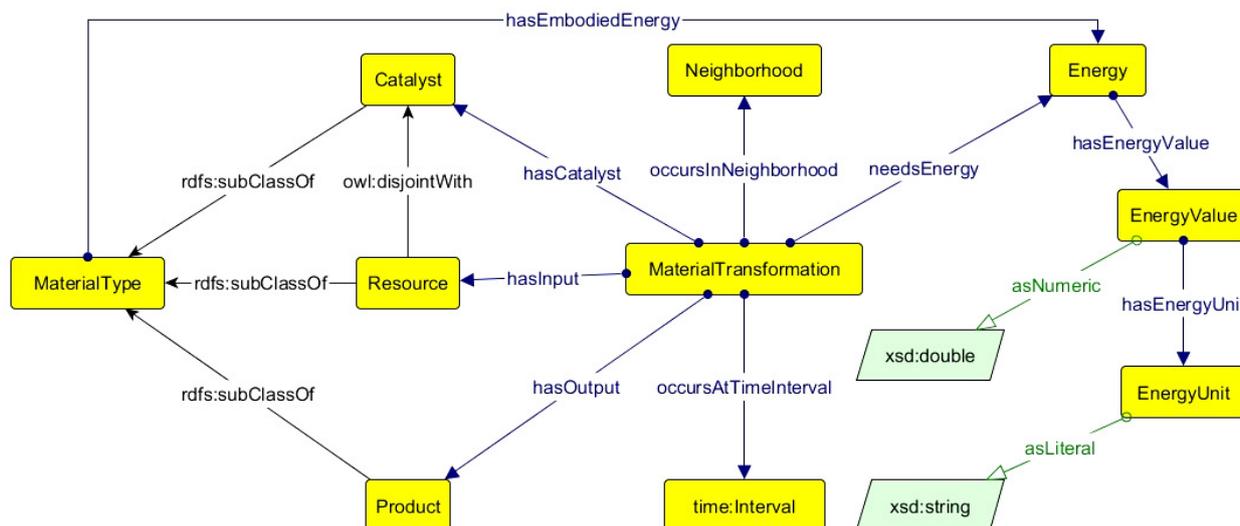


Рисунок 2 – Диаграмма паттерна «Материальная трансформация»

Он позволяет представить процесс преобразования некоторого материала (Resource) в выходной продукт (Product) под действием катализатора (Catalyst).

Таким образом, CDP отражает некоторую точку зрения на понятие в онтологии, которая в свою очередь должна коррелировать с задачами моделирования предметной области. По-

этому для правильного подбора CDP с каждым из них ассоциируется набор квалификационных вопросов (Competency questions), ответы на которые можно получить из онтологии в случае применения паттерна. Данные вопросы детально отражают точку зрения на понятие, заключенную в конкретном CDP.

Использование CDP заключается в импортировании его структуры в разрабатываемую онтологию и последующем создании наследников его элементов (классов и отношений). В рамках данной работы будем называть набор элементов CDP и их наследников *реализацией паттерна*.

Заметим также, что CDP могут включать в себя паттерны логического вывода. Это делается с целью дополнить описание понятий предметной области формальной семантикой, которой может оперировать машина логического вывода. В результате на нее перекладываются некоторые задачи проверки корректности описаний или классификации понятий, что очень полезно при работе с объемными понятийными системами. Так, например, паттерн «Активность» (Activity) [10] помимо OWL-аксиом, представляющих его структуру (рисунок 3), содержит также аксиому: *SubObjectPropertyOf(ObjectPropertyChain(:produces :isRequirement) :precedes)*.

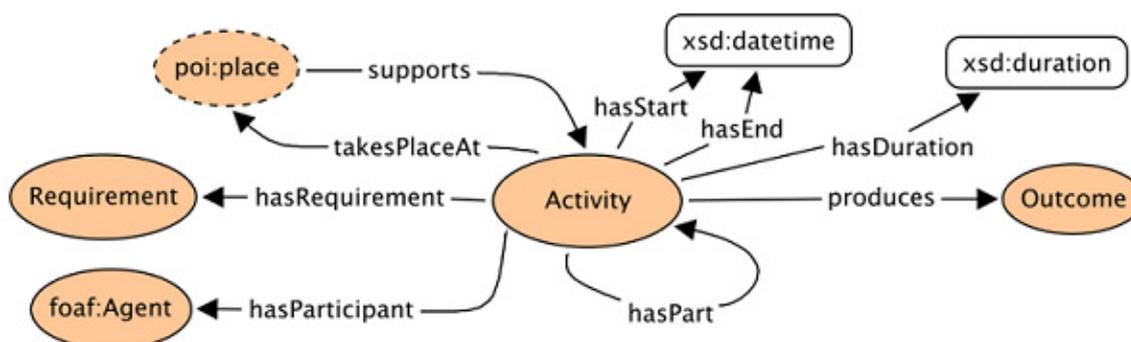


Рисунок 3 – Схема паттерна «Активность»

Эта аксиома позволяет выводить отношение «Предшествует» (precedes), между активностями, одна из которых производит некий объект (Outcome), а другая – требует его (Requirement) для своего осуществления.

Таким образом, онтологические паттерны представляют устоявшиеся рекомендации, применяемые в большинстве случаев в онтологическом инжиниринге. Заметим, что при выполнении конкретных проектов по созданию объемных онтологий разработчиками могут быть заданы и специализированные паттерны, направленные на решения специфических проблем онтологического моделирования в конкретной предметной области. Например, в рамках проекта по созданию генной онтологии был сформирован собственный каталог онтологических паттернов, включающий собственные реализации известных приемов онтологического моделирования, а также специализированные паттерны [8].

Общий подход к использованию онтологических паттернов, главным образом CDP, рассмотрен в работах [9, 10], в которых также предлагается технология экстремальной разработки онтологий (eXtreme Design methodology, XD), как не требующая глубоких знаний онтологического инжиниринга. Она представляет собой набор методов и программных средств, основанных на создании и использовании CDP для решения различных проблем в процессе разработки онтологий. В рамках XD при разработке онтологии определяются два множества: множество задач моделирования и множество их решений, представленных в виде CDP и ориентированных на многократное повторное использование. Задачи моделирования и пат-

терны соотносятся друг с другом на основе общих предъявляемых и удовлетворяемых требований к онтологии, которые отражаются во множестве квалификационных вопросов. Таким образом, если возникшая задача может быть частично или полностью представлена в некоторым наборе таких вопросов, сопряженном с некоторым паттерном, то последний может быть использован для её решения.

2 Преимущества использования паттернов в рамках интегрированного пространства знаний

Применение онтологических паттернов при разработке и использовании онтологий в рамках информационных систем имеет ряд особенностей, которые могут быть использованы для более эффективного (в смысле затрат труда, времени и вычислительных ресурсов) формирования и функционирования ИПЗ.

2.1 Облегчение разработки и сопровождения онтологий

Предполагается, что в ИПЗ будет входить некоторое множество информационных систем, состоящее из более чем двух элементов. В этой связи появляется необходимость в наличии соответствующего количества узких специалистов, осуществляющих создание и поддержку онтологий. Решение данной проблемы может быть существенно облегчено за счёт использования уже упомянутой технологии экстремальной разработки онтологий, которая позволяет оперировать не специфическими языковыми конструкциями, а описаниями CDP. Это даёт возможность экспертам предметной области, не знакомым со специфическими приёмами онтологического моделирования, создавать онтологии, которые корректно и полно представляют формализованные предметные знания.

Подтверждением этого служат результаты оценки применения технологии XD, полученные в работах [12, 13]. В них рассматриваются эксперименты по созданию онтологий слабо знакомыми с онтологическим моделированием пользователями как без употребления, так и с применением CDP, а также с использованием технологии XD в целом. В завершении участники давали субъективную оценку полезности применения ими CDP, также проводилась оценка разработанных ими онтологий. В результате большинство участников отметили полезность использования CDP (93%) и в целом XD технологии. При этом онтологии, разработанные с применением CDP, содержали более полные описания понятий, включающие сложные логические аксиомы, инверсивные отношения (*inverse relations*), аксиомы разделения классов (*disjoint class axioms*), комментарии и текстовые лейблы. Наличие данных элементов в описаниях понятий упрощает дальнейшее сопровождение онтологии, а также расширяет набор различных сценариев ее машинной обработки. Отдельно отмечалось, что использование технологии XD целиком, включая несколько последовательных этапов, а не просто поиск и реализацию отдельных паттернов, хотя и потребовало некоторых усилий для освоения, но в итоге привело к сокращению количества ошибок моделирования на 15%.

Это связано с наличием этапа проверки, который предполагал выполнение SPARQL-запросов, соответствующих квалификационным вопросам паттернов, над полученной онтологией и анализа полноты и правильности полученного результата. Таким образом, было показано, что применение CDP позволяет снизить требования к квалификации разработчиков онтологий и при этом обеспечить должный уровень их качества.

2.2 Визуализация онтологий для передачи знаний

Для применения ИПЗ в задачах, требующих привлечения экспертов, необходимым требованием является обеспечение эффективной передачи онтологических знаний человеку. Как правило, решением данной проблемы служит визуализации онтологии. Следует заметить, что, несмотря на существование большого количества программных средств и технологических визуализации, они в основном ориентированы на специалистов по онтологическому моделированию и используются для решения задачи «осмысления» онтологии (ontology sensmaking) [14]. Такая задача обычно возникает при выборе онтологии для повторного использования или оптимизации многоуровневой понятийной системы большой онтологии. В результате ее решения специалист получает представление об общей структуре онтологии. Технологии и программные средства, ориентированные на решение данной задачи, представлены в работах [14-17]. Их отличительными чертами является наличие инструментов для построения обзорного представления онтологии (high level overviews), зуммирования и фильтрации отображаемых элементов.

В рамках решения проблемы эффективной передачи заключенных в онтологии знаний пользователю для визуализации наиболее важными становятся её когнитивные свойства, определяющие насколько просто и точно она может быть интерпретирована экспертом для получения смысла того или иного понятия. Таким образом, в данном случае визуализация предполагает выделение некоторого фрагмента онтологии, представляющего некоторое понятие в одном контексте, так называемую «точку зрения» (viewpoint) [18], и последующее формирование визуального образа с учетом особенностей и общих психологических принципов структурирования зрительной информации человеком. Решение данных задач было предложено в работах [19-21] в рамках технологии визуализации онтологии на основе специальных структур - когнитивных фреймов, включающих наборы фактов о понятиях и соответствующих им визуальных образов.

CDP, как это было отмечено в работе [21], можно рассматривать как формализованное описание точек зрения, которое потенциально может быть использовано для определения понятий в онтологиях. Таким образом, использование CDP при разработке онтологий и последующий их учёт в процессе визуализации позволит задать общий подход к формированию соответствующих понятиям когнитивных фреймов для визуального представления предметных знаний, хранящихся в онтологиях.

2.3 Выполнение запросов к онтологиям в рамках интегрированного пространства знаний

Взаимодействие информационных систем, включенных в ИПЗ, или обращение пользователя к онтологиям предполагает выполнение к ним запросов. На сегодняшний день для этого существует два распространенных способа: использование SPARQL и выполнение логических запросов (DL Query).

При использовании SPARQL онтология рассматривается как RDF-документ, состоящий из набора *триплетов* вида «субъект-свойство-объект». Например, «Автомобиль_219-имеет_цвет-Бордовый», «Автомобиль_219-имеет_год_производства-2009». Каждый триплет можно рассматривать как дугу некоторого графа и, таким образом, весь RDF-документ представлять в виде графа. В этом случае типовой SPARQL-запрос на извлечение данных представляет конъюнкцию и/или дизъюнкцию шаблонов триплетов, в соответствии с которым из онтологии выбираются удовлетворяющие им наборы триплетов, так называемые *решения* (Solutions). Выполнение запросов осуществляется обработчиком запросов, который обычно является компонентом хранилища триплетов (RDF-triple store).

Использование логических запросов имеет смысл при обращении к OWL-онтологиям, так как позволяет рассматривать онтологию как логическую теорию, состоящую из утверждений (OWL-аксиом) об объектах предметной области. В этом случае запрос обычно направлен на получение сущностей, которые являются эквивалентными классами и/или подклассами и/или экземплярами анонимного класса, заданного в запросе некоторым логическим утверждением (class expression). Логические запросы выполняются машинами вывода (reasoning engine) и позволяют получать ответы, основанные на выводимой из всего множества аксиом онтологии информации.

Следует заметить, что оба способа могут оказаться полезными в различных условиях. Использование SPARQL больше подходит для выполнения удаленных запросов на выборку данных. Этому способствует то, что SPARQL также и сетевой протокол, который поддерживается сервисом точки доступа, включенного в большинство современных RDF-хранилищ. Выполнение более «тяжелых» логических запросов больше подходит для выполнения действий, не требующих удаленного взаимодействия. Это может быть пополнение онтологии новыми знаниями, проверки её непротиворечивости и результатов логического вывода.

Однако в обоих случаях успешное создание и выполнение запросов требует знания структуры описания понятий, а также синтаксических правил формирования запросов. В этой связи для CDP можно подготовить основы для создания запросов обоих видов и тем самым избавить программиста или эксперта от необходимости изучения «схемы» отдельной онтологии и синтаксисов запросов.

Заметим также, что формирование запросов на основе CDP также обеспечивает дополнительные возможности для повышения скорости их выполнения в рамках RDF-хранилищ, так как в этом случае запросы будут иметь сложную, но предсказуемую структуру. Это позволяет предварительно должным образом организовать структуру хранилища, определив соответствующие паттернам или их фрагментам группирующие таблицы триплетов (cluster-property table) [22] или выполнить материализацию определенных связей триплетов.

Наряду с этим знание структуры паттернов позволяет задать дополнительные правила для формирования плана выполнения запроса. Так, например, в работе [23] представлен подход к определению порядка связывания шаблонов триплетов в запросе при составлении плана его выполнения на основе часто встречающихся в массивах RDF-данных структур – наборов свойств (Characteristic sets) [24], каждый из которых состоит из свойств, использованных в триплетах, имеющих одинакового субъекта. Таким образом, с учетом таких структур можно задавать специализированные способы формирования планов для соответствующих им так называемых звездообразных запросов (star-shaped queries). Как отмечено в работе [22], такие запросы часто являются составными частями реальных запросов, что позволяет формировать план выполнения последнего путем объединения планов выполнения подзапросов. Таким образом, онтологические паттерны можно учитывать подобно наборам свойств при составлении плана выполнения запросов, направленных на выборку реализаций паттернов или их фрагментов.

3 Основные проблемы реализации/использования онтологий, основанных на паттернах

К основным проблемам использования CDP и разработанных на их основе онтологий можно отнести:

- отсутствие стандартных описаний CDP на языках OWL и RDF;
- усложнение структуры онтологии;
- усложнение визуального представления онтологий.

Отсутствие стандартизированных определений CDP приводит к трудностям их автоматического обнаружения в онтологиях [25], а также извлечения их реализаций для последующей машинной обработки. Заметим, что речь идет именно о различиях в языковых описаниях (разные пространства имен, наименования классов и свойств) одного и того же паттерна разными разработчиками онтологий. С одной стороны, эта проблема вызвана сравнительной «молодостью» технологии использования паттернов в онтологическом инжиниринге и недавним появлением сообщества специалистов, нацеленного именно на выявление, обсуждение способов решения проблем онтологического моделирования и оформления их в виде паттернов [8]. Ранее данная проблема решалась в рамках отдельных проектов по разработке и поддержке онтологий путём определения специальных правил или рекомендаций её модификации [6]. С другой стороны, как подчёркивают авторы технологии XD [13], заданные ими паттерны не являются строгими указаниями и могут быть использованы как основа для собственных решений.

Проблема усложнения структуры онтологии вызвана тем, что каждый CDP включает лишь небольшой набор общих классов и отношений, необходимых только для определения понятия с некоторой точки зрения, а не некоторую их систему как в ОВУ. В этом случае при использовании множества CDP на верхних уровнях разрабатываемой онтологии может появиться множество неорганизованных в иерархию классов, относящихся к различным CDP. При этом каждый такой класс может иметь несколько наследников одного уровня, представляющих разные понятия предметной области, заданные на основе одного паттерна. В этом случае работа пользователя с онтологией путем оперирования традиционной иерархией «класс-подкласс» затрудняется. С одной стороны, это связано с обилием неупорядоченных «служебных» классов CDP, с другой – тем, что при изменении понятия или создании его наследников необходимо знать - с помощью какого CDP оно определено и взаимодействовать с соответствующим ему набором элементов, которые «разбросаны» по различным ветвям иерархии онтологии. Таким образом, в данном случае целесообразным было бы обеспечение возможности для пользователя при навигации по понятийной системе онтологии оперировать реализациями CDP.

Усложнение визуального представления онтологий также вытекает из необходимости рассмотрения онтологии как системы связанных реализаций CDP. Основной задачей в данном случае является формирование образа, полностью передающего смысл понятия в рамках CDP. При этом необходимо избегать большого количества (более 7-9 элементов) графических элементов и учитывать законы восприятия человеком визуальной информации. Это позволит пользователю правильно и с наименьшими усилиями интерпретировать смысл визуализации. Однако для этого требуется более сложная, чем графовая схема (node-link diagram), графическая нотация, элементы которой были бы ориентированы на отражение семантики CDP, а не специфических синтаксических конструкций OWL или RDF. Помимо этого, необходимо также решить вопрос представления без перегрузки пользователя нескольких CDP, относящихся к одному понятию, в рамках одного или нескольких связанных визуальных образов.

Заключение

Таким образом, онтологические паттерны позволяют обеспечить некоторую стандартизацию на более высоком уровне, чем языки описания онтологий. Это позволяет упростить разработку и обеспечить большую однородность онтологий уже на этапе их создания, и тем самым повысить семантическую интероперабельность использующих их информационных систем, входящих в состав ИПЗ. В дальнейшем появляются возможности учета реализован-

ных паттернов для специализации различных сценариев использования данных онтологий с целью повышения эффективности решения задач в рамках ИПЗ. Разумеется, это требует другого взгляда на онтологию не только как на набор логических утверждений или триплетов, а взаимосвязанных реализаций CDP, а также соответствующих технологий и программных средств, учитывающих особенности данного взгляда.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – грант 15-07-03321.

Список источников

- [1] **Олейник, А.Г.** О формировании единого пространства мультипредметных знаний Кольского научного центра РАН / А.Г. Олейник, П.А. Ломов // Труды V-й международной конференции «Системный анализ и информационные технологии» САИТ-2013 (19-25 сентября 2013 г., Красноярск, Россия) - Т. 1 - Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013. - С. 258-265.
- [2] **Ломов, П.А.** Интеграция онтологий с использованием тезауруса для осуществления семантического поиска / П.А. Ломов, М.Г. Шишаев // Информационные технологии и вычислительные системы. №3. 2009. – С. 49-59.
- [3] **Gangemi, A.** Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. // Proc. of the Fourth Int. Semantic Web Conf. (Galway, Ireland). - Springer, 2005. - P. 262-276.
- [4] **Masolo, C.** WonderWeb. Final Report. Deliverable D18 / C. Masolo, S. Borgo, A. Gangemi, N. Guarino, A. Oltramari, L. Shneider. (2003) - www.loa.istc.cnr.it/old/Papers/D18.pdf
- [5] **Grenon, P.** Spatio-temporality in Basic Formal Ontology: SNAP and SPAN, Upper-Level Ontology, and Framework for Formalization: PART I. IFOMIS Report 05/2003 / P. Grenon. - Institute for Formal Ontology and Medical Information Science (IFOMIS), University of Leipzig, Leipzig, Germany, 2003.
- [6] **Herre, H.** General Formal Ontology (GFO): A Foundational Ontology for Conceptual Modelling / In Theory and Applications of Ontology: Computer Applications. - Springer, 2010. – P. 297-345.
- [7] Microformats. – <http://microformats.org>
- [8] Ontology design patterns portal. - <http://www.ontologydesignpatterns.org>
- [9] **Gangemi, A.** Understanding the Semantic Web through Descriptions and Situations / A. Gangemi, P. Mika // LNCS Vol. 2888/2003: On the Move to Meaningful Internet Systems 2003: CoopIS DOAandODBASE. - Springer, 2003. - P. 689-706.
- [10] **Abdalla, A.** An Ontology Design Pattern for Activity Reasoning / A. Abdalla, Y. Hu, D. Carral, N. Li, C. Janowicz // Proc. of the 5th Workshop on Ontology and Semantic Web Patterns WOP2014 co-located with the 13th International Semantic Web Conference ISWC 2014 (Riva del Garda, Italy, October 19, 2014). - P. 78-81. – <http://ceur-ws.org>
- [11] **Egana, M.** Applying Ontology Design Patterns in Bio-ontologies / M. Egana, A. Rector, R. Stevens, E. Antezana // In A. Gangemi and J. Euzenat, editors, EKAW 2008. LNCS 5268. Springer-Verlag, 2008. – P. 7–16.
- [12] **Blomqvist, E.** Experiments on Pattern-Based Ontology Design / E. Blomqvist, A. Gangemi, V. Presutti // In: Proc. of the 5th Int. Conf. on Knowledge Capture (K-CAP 2009) (September 1-4, 2009, Redondo Beach, California, USA). ACM, 2009. - P. 41-48.
- [13] **Blomqvist, E.** Experimenting with eXtreme Design. E. Blomqvist, V. Presutti, E. Daga, A. Gangemi // In proceedings of EKAW 2010. LNCS: Vol. 6317: Berlin-Heidelberg-New York, Springer. - P. 120-134.
- [14] **Motta, E.** A Novel Approach to Visualizing and Navigating Ontologies / E. Motta, P. Mulholland, S. Peroni, M. d'Aquin, J. Manuel Gomez-Perez, V. Mendez, F. Zablith // LNCS: Vol. 7031. Springer, 2011. – P. 470-486.
- [15] **Plaisant, C.** Spacetime: Supporting Exploration in Large Node Link Tree / C. Plaisant, J. Grosjean, B. Bederson // InfoVis'02. Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization. IEEE Computer Society Washington, 2002. - P. 57-64.
- [16] **Wang, T.D.** DropCircles: Topology Sensitive Visualization of OWL Class Hierarchies / T.D. Wang, B. Parsia // LNCS: Vol. 4273. Springer, 2006. – P. 695-708.
- [17] **Shneiderman, B.** Tree Visualization with Tree-Maps: A 2nd Space-Filling Approach. / B. Shneiderman // ACM Trans. Graph. 1992. 11(1). - P. 92-99.

-
- [18] **Acker, L.** Extracting viewpoints from knowledge bases / L. Acker, B. Porter // Proc. of the 12th National Conf. on Artificial Intelligence, 1994. - P. 547-552.
- [19] **Lomov, P.** Technology of Ontology Visualization Based on Cognitive Frames for Graphical User Interface / P. Lomov, M. Shishaev // Communications in Computer and Information Science. Vol. 394. Springer, 2013. - P. 54-68.
- [20] **Lomov, P.** Visualization of Ontologies on the Basis of Cognitive Frames for Knowledge Transmission / P. Lomov, M. Shishaev // Proc. of the Int. Conf. on Information Modelling and Knowledge Bases (EJC 2014) (June 3-6, 2014, Kiel). Number 2014/2 in Kiel Computer Science Series. Department of Computer Science, Faculty of Engineering, Kiel University. - P. 339-347.
- [21] **Lomov, P.** Creating Cognitive Frames Based on Ontology Design Patterns for Ontology Visualization / P. Lomov, M. Shishaev // Knowledge Engineering and the Semantic Web. Proc. of the 5th Int. Conf. KESW 2014 (Kazan, Russia, September 29-October 1, 2014). Communications in Computer and Information Science. Vol.468. Springer, 2014. - P. 90-104.
- [22] **Neumann, T.** The RDF-3X engine for scalable management of RDF data / T. Neumann, G. Weikum // The VLDB Journal — The International Journal on Very Large Data Bases. 2010. Vol.19. No.1. - P. 91-113.
- [23] **Gubichev, A.** Exploiting the query structure for efficient join ordering in SPARQL queries. / A. Gubichev, T. Neumann // Proc. 17th Int. Conf. on Extending Database Technology EDBT (Athens, Greece, March 24-28, 2014). P. 439-450.
- [24] **Neumann, T.** Characteristic sets: Accurate cardinality estimation for RDF queries with multiple joins / T. Neumann, G. Moerkotte // Proc. Of the IEEE 27th Int. Conf. of Data Engineering. IEEE Computer Society Washington, 2011. - P. 984-994.
- [25] **Khan, M.** Ontology Design Pattern Detection — Initial Method and Usage Scenarios. / M. Khan, E. Blomqvist // In: the 4th International Conference on Advances in Semantic Processing (SEMAPPRO 2010). IARIA, 2010. - P. 19-24.
-

APPLICATION OF ONTOLOGY DESIGN PATTERNS TO DEVELOPMENT AND USE OF ONTOLOGIES IN AN INTEGRATED KNOWLEDGE SPACE

P.A. Lomov

*Institute for Informatics and Mathematical Modeling of Technological Processes,
The Kola Science Center of RAS, Apatity, Myrmansk region, Russia
lomov@iimm.ru*

Abstract

Article is devoted to a problem of development and use of the ontologies of information systems within integrated knowledge space. The main objective in that case to overcome the semantic heterogeneity of ontologies that as a result will ensure semantic interoperability of the information systems based on them. An application of ontology design patterns during “life cycle” of such ontologies is proposed as a solution. The concept of an ontology design pattern, and also different types of patterns and their examples is presented. The main advantages of patterns application in such ontology handling scenarios as development of ontologies, their visualization for transmission of ontological knowledge to users, execution of queries to ontologies are given. In addition, the main problems arising from the use of ontologies based on patterns are considered.

Key words: *ontology, ontology design patterns, semantic web, OWL, ontology engineering.*

Acknowledgment

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research - grant 15-07-03321.

References

- [1] **Olejnik, A.G.** O formirovanii edinogo prostranstva mul'tipredmetnyh znaniy Kol'skogo nauchnogo centra RAN [On the formation of a common space multi-disciplinary knowledge of the Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences] / A.G. Olejnik, P.A. Lomov // Trudy V-j mezhdunarodnoj konferencii "Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii" SAIT-2013 (19-25 September 2013, Krasnojarsk, Russia) - T.1 - Krasnojarsk: IVM SO RAN, 2013. - P. 258-265. (In Russian).
- [2] **Lomov, P.A.** Integracija ontologij s ispol'zovaniem tezaurusa dlja osushhestvlenija semanticheskogo poiska [The integration of ontologies with thesaurus for semantic search] / P.A. Lomov, M.G. Shishaev // Informacionnye tehnologii i vychislitel'nye sistemy. №3. 2009. – P. 49-59. (In Russian).
- [3] **Gangemi, A.** Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. // Proc. of the Fourth Int. Semantic Web Conf. (Galway, Ireland). - Springer, 2005. - P. 262-276.
- [4] **Masolo, C.** WonderWeb. Final Report. Deliverable D18 / C. Masolo, S. Borgo, A. Gangemi, N. Guarino, A. Oltramari, L. Shneider. (2003) - www.loa.istc.cnr.it/old/Papers/D18.pdf
- [5] **Grenon, P.** Spatio-temporality in Basic Formal Ontology: SNAP and SPAN, Upper-Level Ontology, and Framework for Formalization: PART I. IFOMIS Report 05/2003 / P. Grenon. - Institute for Formal Ontology and Medical Information Science (IFOMIS), University of Leipzig, Leipzig, Germany, 2003.
- [6] **Herre, H.** General Formal Ontology (GFO): A Foundational Ontology for Conceptual Modelling / In Theory and Applications of Ontology: Computer Applications. - Springer, 2010. – P. 297-345.
- [7] Microformats. – <http://microformats.org>
- [8] Ontology design patterns portal. - <http://www.ontologydesignpatterns.org>
- [9] **Gangemi, A.** Understanding the Semantic Web through Descriptions and Situations / A. Gangemi, P. Mika // LNCS Vol. 2888/2003: On the Move to Meaningful Internet Systems 2003: CoopIS DOAandODBASE. - Springer, 2003. - P. 689-706.
- [10] **Abdalla, A.** An Ontology Design Pattern for Activity Reasoning / A. Abdalla, Y. Hu, D. Carral, N. Li, C. Janowicz // Proc. of the 5th Workshop on Ontology and Semantic Web Patterns WOP2014 co-located with the 13th International Semantic Web Conference ISWC 2014 (Riva del Garda, Italy, October 19, 2014). - P. 78-81. – <http://ceur-ws.org>
- [11] **Egana, M.** Applying Ontology Design Patterns in Bio-ontologies / M. Egana, A. Rector, R. Stevens, E. Antezana // In A. Gangemi and J. Euzenat, editors, EKAW 2008. LNCS 5268. Springer-Verlag, 2008. – P. 7–16.
- [12] **Blomqvist, E.** Experiments on Pattern-Based Ontology Design / E. Blomqvist, A. Gangemi, V. Presutti // In: Proc. of the 5th Int. Conf. on Knowledge Capture (K-CAP 2009) (September 1-4, 2009, Redondo Beach, California, USA). ACM, 2009. - P. 41-48.
- [13] **Blomqvist, E.** Experimenting with eXtreme Design. E. Blomqvist, V. Presutti, E. Daga, A. Gangemi // In proceedings of EKAW 2010. LNCS: Vol. 6317: Berlin-Heidelberg-New York, Springer. - P. 120-134.
- [14] **Motta, E.** A Novel Approach to Visualizing and Navigating Ontologies / E. Motta, P. Mulholland, S. Peroni, M. d'Aquin, J. Manuel Gomez-Perez, V. Mendez, F. Zablith // LNCS: Vol. 7031. Springer, 2011. – P. 470-486.
- [15] **Plaisant, C.** Spacetree: Supporting Exploration in Large Node Link Tree / C. Plaisant, J. Grosjean, B. Bederson // InfoVis'02. Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization. IEEE Computer Society Washington, 2002. - P. 57-64.
- [16] **Wang, T.D.** CropCircles: Topology Sensitive Visualization of OWL Class Hierarchies / T.D. Wang, B. Parsia // LNCS: Vol. 4273. Springer, 2006. – P. 695-708.
- [17] **Shneiderman, B.** Tree Visualization with Tree-Maps: A 2d Space-Filling Approach. / B. Shneiderman // ACM Trans. Graph. 1992. 11(1). - P. 92-99.
- [18] **Acker, L.** Extracting viewpoints from knowledge bases / L. Acker, B. Porter // Proc. of the 12th National Conf. on Artificial Intelligence, 1994. - P. 547-552.
- [19] **Lomov, P.** Technology of Ontology Visualization Based on Cognitive Frames for Graphical User Interface / P. Lomov, M. Shishaev // Communications in Computer and Information Science. Vol. 394. Springer, 2013. – P. 54-68.
- [20] **Lomov, P.** Visualization of Ontologies on the Basis of Cognitive Frames for Knowledge Transmission / P. Lomov, M. Shishaev // Proc. of the Int. Conf. on Information Modelling and Knowledge Bases (EJC 2014) (June 3-6, 2014, Kiel). Number 2014/2 in Kiel Computer Science Series. Department of Computer Science, Faculty of Engineering, Kiel University. - P. 339-347.

-
- [21] **Lomov, P.** Creating Cognitive Frames Based on Ontology Design Patterns for Ontology Visualization / P. Lomov, M. Shishaev // Knowledge Engineering and the Semantic Web. Proc. of the 5th Int. Conf. KESW 2014 (Kazan, Russia, September 29-October 1, 2014). Communications in Computer and Information Science. Vol.468. Springer, 2014. – P. 90-104.
- [22] **Neumann, T.** The RDF-3X engine for scalable management of RDF data / T. Neumann, G. Weikum // The VLDB Journal — The International Journal on Very Large Data Bases. 2010. Vol.19. No.1. - P. 91-113.
- [23] **Gubichev, A.** Exploiting the query structure for efficient join ordering in SPARQL queries. / A. Gubichev, T. Neumann // Proc. 17th Int. Conf. on Extending Database Technology EDBT (Athens, Greece, March 24-28, 2014). P. 439-450.
- [24] **Neumann, T.** Characteristic sets: Accurate cardinality estimation for RDF queries with multiple joins / T. Neumann, G. Moerkotte // Proc. Of the IEEE 27th Int. Conf. of Data Engineering. IEEE Computer Society Washington, 2011. - P. 984-994.
- [25] **Khan, M.** Ontology Design Pattern Detection — Initial Method and Usage Scenarios. / M. Khan, E. Blomqvist // In: the 4th International Conference on Advances in Semantic Processing (SEMAPRO 2010). IARIA, 2010. - P. 19-24.
-

Сведения об авторе



Ломов Павел Андреевич, 1984 г.р., окончил Кольский филиал Петрозаводского государственного университета (2006), кандидат технических наук, научный сотрудник Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН. Области научных интересов: представление знаний, онтологическое моделирование, семантические сети, информационная безопасность.

Pavel Andreevich Lomov, (b. 1984) PhD, research associate of Institute for Informatics and Mathematical Modelling of Technological Processes of the Kola Science Center RAS. Research interests: knowledge representation, ontological modeling, Semantic web, information security.

JOWO 2015

THE JOINT ONTOLOGY WORKSHOPS CO-LOCATED WITH IJCAI 2015
EPISODE 1: THE ARGENTINE WINTER OF ONTOLOGY

The Joint Ontology Workshops at the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI) July 25 — 31, 2015, Buenos Aires, ARGENTINE

This first edition of the Joint Ontology Workshops (JOWO-15) combines four exciting ontology-centered workshops at IJCAI-15. Together with ontology work presented at IJCAI itself, we will transform Buenos Aires for a week into the largest venue for ontology research of the year.

JOWO-15 is supported by the International Association for Ontology and its Applications – IAOA.

JOWO 2015 consists of the following workshops:

- Workshop on Modular Ontologies (**WoMO**)
- Formal Ontologies for Artificial Intelligence (**FofAI**)
- Ontologies and logic programming for query answering
- Workshop on Belief Change and Non Monotonic Reasoning in Ontologies and Databases

<http://www.iao.istc.cnr.it/fofai/>
<http://iaoa.org/jowo/>
<http://ijcai-15.org/>

FOMI

7th Workshop on Formal Ontologies meet Industry
Berlin, Germany, 5 August, 2015

The 9th International Web Rule Symposium (RuleML)
August 2-5, 2015, Freie Universität Berlin, Berlin, Germany

Conference Topics

Problems in ontology application:

- practical issues in using ontologies in the enterprise
- real cases of successful/unsuccessful use of ontology in business
- ontology evaluation, ontology for learning organizations, ontology for business processes and practices
- enterprise modeling and business models
- ontology for service science and service values

Ontology and knowledge management:

- ontology and ontological methodologies in knowledge management
- adaptation of ontologies for companies and organizations
- ontology interoperability, ontology effectiveness and evaluation
- ontology-driven representation of products, services, functionalities, design, processes
- ontologies for the know-how
- ontologies for corporate knowledge
- linguistic representation in organizational knowledge
- ontology based content creation

Ontology in practice:

- ontologies for electronic catalogues, e-commerce, e-government
- ontologies for marketing, ontologies for finance, ontologies for medical sciences, ontologies for engineering
- ontologies for public administration
- copyright and privacy issues in ontology based systems

<http://www.csw.inf.fu-berlin.de/ruleml2015/>
<http://www.csw.inf.fu-berlin.de/fomi2015/>

**V Всероссийская конференция
«ЗНАНИЯ – ОНТОЛОГИИ – ТЕОРИИ»**

с международным участием
6–8 октября 2015 г., Новосибирск, Россия

ОРГАНИЗАТОРЫ

Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, Российский фонд фундаментальных исследований,
Российская ассоциация распознавания образов и анализа изображений

ОСНОВНАЯ ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- **Обнаружение закономерностей и извлечение знаний**, скрытых в структурированных и неструктурированных данных. Машинное обучение. Распознавание образов. Прогнозирование. Индуктивный вывод.
- **Систематизация знаний**. Инженерия знаний. Управление знаниями. Разработка онтологий предметных областей: технологии создания и применения онтологий.
- **Построение теорий предметных областей**. Анализ формальных понятий. Логическая семантика естественного языка. Нечеткие логики.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Программный комитет конференции: Председатель: академик РАН Журавлев Ю. И.,
630090, г. Новосибирск, Россия, пр. ак. Коптюга, 4, zont@math.nsc.ru
<http://math.nsc.ru/conference/zont/15/>

**8-я Всероссийская мультиконференция
ПО ПРОБЛЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ (МКПУ-2015)**

28 сентября – 03 октября 2015 г., с. Дивноморское, г. Геленджик
Краснодарский край, Россия

ОРГАНИЗАТОРЫ

Российская академия наук, Министерство образования и науки РФ, Федеральное агентство научных организаций, Российский фонд фундаментальных исследований, Фонд перспективных исследований,
Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН,
ИПМ им. А.Ю. Ишлинского РАН, НИИ МВС им. А.В. Каляева,
НИЦ суперЭВМ и нейрокомпьютеров

СОСТАВ МУЛЬТИКОНФЕРЕНЦИИ

Мультиконференция включает **три научно-технические конференции**:

- Управление в интеллектуальных, эргатических и организационных системах, председатель – С.Н. Васильев.
- Робототехника и мехатроника, председатель – Ф.Л. Черноусько.
- Управление в распределенных и сетевых системах, председатель – И.А. Каляев.

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ

Интеллектуальные системы. Автоматизация рассуждений и планирования действий. Машинное обучение и методы дооснащения в условиях неопределенности. Интеллектуальный анализ данных, распознавание и классификация. Компьютерная лингвистика, онтологии, семантический поиск и управление знаниями. Когнитивное моделирование и автоматизация целеполагания. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций. Мультиагентные системы и распределенный искусственный интеллект. Методы и технологии «мягких вычислений». Обучающие и экспертные системы. Верификация знаний. Прикладные интеллектуальные системы управления и принятия решений.

Эргатические информационно-управляющие системы. Проблемы автоматизации эргатических систем. Интеллектуализация процессов управления и обработки информации в эргатических системах. Проблемы человеко-машинного интерфейса. Обучающие и тренажерные комплексы эргатических систем управления подвижными объектами. Опыт создания и внедрения эргатических систем.

Организационные системы. Управление в активных системах. Оптимизационные и теоретико-игровые модели и методы управления в организационных системах. Информационные технологии в организационном управлении. Модели принятия решений в организационных системах. Информационное управление. Модели социальных сетей. Системы управления проектами и программами.

<http://www.conf.mvs.sfedu.ru>



**Члену редколлегии журнала профессору БЕЛОУСОВУ
Анатолию Ивановичу 15 мая исполнилось 80 лет!**

Белоусов Анатолий Иванович окончил Куйбышевский авиационный институт (1960). Доктор технических наук (1977), профессор (1978), Заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1985), Почётный работник высшего профессионального образования РФ (2002), академик Петровской академии наук и искусств (1994), академии наук авиации и воздухоплавания (2006), Нью-Йоркской академии наук (2007), профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов СГАУ. Основатель научного направления повышения надёжности изделий методами и средствами виброзащиты и генерации колебаний. Автор 11 монографий, 125 изобретений, более 50 учебных пособий, 350 научно-технических и 50 научно-методических статей. Подготовил 18 докторов и 44 кандидата наук. Член диссертационных советов при СГАУ и ТГУ. Награждён Орденом Трудового Красного Знамени, медалями «За доблестный труд», «Ветеран труда», а также медалями Федерации космонавтики: С.П. Королёва, Э.К. Циолковского, Ю.А. Гагарина. Призёр двух Олимпийских игр среди ветеранов (волейбол). (<http://www.ssau.ru/staff/59949001-Belousov-Anatoliy-Ivanovich/>)



**Члену редколлегии журнала профессору ВИТТИХУ
Владимиру Андреевичу 9 июля исполнится 75 лет!**

Виттих Владимир Андреевич, доктор технических наук, профессор, научный советник Института проблем управления сложными системами Российской академии наук, заведующий кафедрой инженерии знаний Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Научные достижения Виттиха В.А. связаны с развитием теории принятия решений и разработкой интеллектуальных информационных и управляющих систем, использующих компьютерное представление и обработку знаний. Член редколлегии журналов «Проблемы управления», «Мехатроника, автоматизация, управление», «Вестник компьютерных и информационных технологий», член Научного совета Российской академии наук по теории управляемых процессов и автоматизации, член диссертационных советов в СамГТУ и ПГУТИ. Автор более 300 научных работ, в том числе семи монографий. Подготовил 3 докторов и 20 кандидатов наук. Лауреат Губернской премии в области науки и техники (2001), награждён орденами «Знак Почёта» (1986), «Дружбы» (2000). Джазовый музыкант. (<http://vittikh.ru/>)



**Члену редколлегии журнала профессору СОСНИНУ
Петру Ивановичу 12 июля исполнится 70 лет!**

Соснин Пётр Иванович, доктор технических наук (1994), профессор (1995), заведующий кафедрой «Вычислительная техника» Ульяновского государственного технического университета (с 1980), Заслуженный работник высшей школы РФ (2003). Разработал основы теории вопросно-ответного управления в процессах принятия решений в человеко-компьютерных средах. Автор 300 публикаций, в том числе 13 монографий и 6 учебных пособий. Председатель оргкомитета международных конференций «Интерактивные системы: проблемы человеко-компьютерного взаимодействия». Член Международной академии информатизации (с 1995), Российской и Европейской Ассоциаций искусственного интеллекта (с 1999), член IEEE и Computer Society, член международного общества WSEAS (с 2002), председатель Ульяновского отделения Российской ассоциации искусственного интеллекта (с 1999), рецензент журнала «Journal of Intelligent and Fuzzy System» (с 2000). Подготовил 2 докторов и 20 кандидатов наук. Член трёх диссертационных советов. (<http://sosnin.ulstu.ru/>)

ПОЗДРАВЛЯЕМ НАШИХ ЮБИЛЯРОВ!

Индекс 29151

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

От редакции ПЕРВЫЙ В СПИСКЕ МУДРЕЦОВ	133-134
В.А. Виттих ПРОЛЕГОМЕНЫ К ЭВЕРГЕТИКЕ	135-148
К. Стари, М. Нойбауэр, Ст. Оппл, Г. Вейчарт ОНТОЛОГИИ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ	149-178
А.С. Клещёв, Е.А. Шалфеева ОНТОЛОГИЯ ЗАДАЧ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	179-205
Т.Н. Соснина ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ПОСТУЛАТОВ ТЕОРИИ ПРЕДМЕТА ТРУДА	206-222
Л.В. Аршинский МЕТОДИКА АГРЕГИРОВАННОГО ОЦЕНИВАНИЯ СИСТЕМ С ПОДДЕРЖКОЙ КЛЮЧЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ	223-232
П.А. Ломов ПРИМЕНЕНИЕ ПАТТЕРНОВ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОНТОЛОГИЙ В РАМКАХ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ	233-245
Научные конференции 2015	246-247
Наши юбиляры	248

Ontologists and designers of all countries and subject areas, join us!



Издательство “Новая техника” - Publisher «New Engineering» Ltd
Россия, 443010, Самара, ул.Фрунзе 145 - 145, Frunze Str., Samara, 443010, Russia