

ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

Том 6

№ 4(22)



EDITORIAL BOARD – РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Anatoly I. Belousov	Белоусов Анатолий Иванович, д.т.н., профессор, Самарский университет, г. Самара
Nikolay M. Borgest	Боргест Николай Михайлович, к.т.н., профессор Самарский университет, 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, д.т.н., профессор, академик РАН, ИПУ РАН, г. Москва
Vladimir A. Vittikh	Виттих Владимир Андреевич, д.т.н., профессор, ИПУСС РАН, г. Самара
Vladimir V. Golentkov	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, Самарский университет, 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
Dmitry V. Lande	Ландэ Дмитрий Владимирович, д.т.н., с.н.с., ИПРИ НАН Украины, г. Киев
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
Alexander V. Palagin	Палагин Александр Васильевич, д.т.н., проф., академик НАН Украины, Ин-т кибернетики, г. Киев
Semyon A. Piyavsky	Пиавский Семён Авраамович, д.т.н., профессор, СГАСУ, г. Самара
Yury M. Reznik	Резник Юрий Михайлович, д.филос.н., проф., Институт философии РАН, г. Москва
George Rzevski	Ржевский Георгий, профессор, Открытый университет, г. Лондон
Peter O. Skobelev	Скобелев Петр Олегович, д.т.н., НПК «Разумные решения», г. Самара
Sergey V. Smirnov	Смирнов Сергей Викторович, д.т.н., ИПУСС РАН, 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, Самарский университет, 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.	зам. директора 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 Самарского университета
Editor	Krylov S.M.	Редактор	Крылов С.М.	профессор СамГТУ
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 Самарского университета
Secretary	Shustova D.V.	Секретарь	Шустова Д.В.	инженер ИПУСС РАН

CONTACTS FOUNDERS – КОНТАКТЫ УЧРЕДИТЕЛЕЙ

ИПУСС РАН

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

Смирнов С.В.
smirnov@iccs.ru

Самарский университет

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

ООО «Новая техника» (издательство)

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

The journal has entered into an electronic licensing relationship with EBSCO Publishing, the world's leading aggregator of full text journals, magazines and eBooks. The full text of JOURNAL can be found in the EBSCOhost™ databases.



Журнал размещен в коллекции «Издания по естественным наукам» на платформе EastView.

The journal has been successfully evaluated in the evaluation procedure for the ICI Journals Master List 2014, 2015 and journal received the ICV (Index Copernicus Value) of 67.46 points (2014), 67.64 (2015).

Журнал включён в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (Письмо Департамента аттестации научных и научно-педагогических работников Минобрнауки РФ от 01.12.2015 № 13-6518).

Журнал включён в Российский индекс научного цитирования. Пятилетний импакт-фактор РИНЦ 0.839 (2013 г.), 0.772 (2014 г.), 1.220 (2015 г.).

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.

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

© Все права принадлежат авторам публикуемых статей
© Издательство «Новая техника», 2011-2016
© Самарский университет, 2015-2016
© ИПУСС РАН, 2015-2016



Отпечатано в ООО «Новая техника», г. Самара, пр.К.Маркса 24-76.
Дата выхода 15.12.2016. Тираж 300 экз. Свободная цена. (6+).

ОТ РЕДАКЦИИ

«МЕРА ЛУЧШЕ ВСЕГО» 413

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

С.А. Пиявский 414-435

КАК «НУМЕРИЗОВАТЬ» ПОНЯТИЕ «ВАЖНЕЕ»

Л.В. Аршинский 436-451

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕКТОРНОГО ФОРМАЛИЗМА В ЛОГИКЕ
И ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

В.Е. Гвоздев, Д.В. Блинова, Л.Р. Черняховская 452-464

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ДЕФЕКТОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕОРИИ ИНТЕРСУБЪЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ

А.Г. Олейник, П.А. Ломов 465-474

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ
ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ

М.В. Кучуганов 475-484

СИНТЕЗ СХЕМ БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ

Г.Б. Загоруйко 485-500

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В СЛАБОФОРМАЛИЗОВАННЫХ ОБЛАСТЯХ

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А.В. Болдырев, М.В. Павельчук 501-513

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ
ТОПОЛОГИЧЕСКОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ТЕЛА ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

О.С. Логунова, Е.А. Ильина, С.Н. Попов 514-524

ОНТОЛОГИЯ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА
ДЛЯ ОБРАБОТКИ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.Н. Огнев 525-540

ОНТОГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ
КОНСТРУКТИВНОЙ УСЛОВНОСТИ

А.Н. Ремизов 541-554

ЛОГИКА ЭКОУСТОЙЧИВОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Научные конференции 555

В память об Учителе 556

CONTENT

СОДЕРЖАНИЕ

FROM THE EDITORS

MEASURE IS BEST 413

METHODS AND TECHNOLOGIES OF DECISION MAKING

S.A. Piyavsky 414-435

HOW DO WE DIGITIZE THE CONCEPT OF «MORE IMPORTANT»

L.V. Arshinskiy 436-451

THE APPLICATION OF VECTOR FORMALISM
IN LOGIC AND LOGICAL-MATHEMATICAL MODELING

V.E. Gvozdev, D.V. Blinova, L.R. Chernyakhovskaya 452-464

PREVENTION OF DEFECTS ON THE EARLY STAGES OF DESIGNING
HARDWARE-SOFTWARE COMPLEXES ON THE BASIS
OF THE POSITIONS OF THE THEORY
OF INTERSUBJECTIVE MANAGEMENT

ONTOLOGY ENGINEERING

A.G. Oleynik, P.A. Lomov 465-474

DEVELOPMENT OF THE ONTOLOGY OF INTEGRATED KNOWLEDGE SPACE

M.V. Kuchuganov 475-484

ONTOLOGY BASED SYNTHESIS OF DATABASE SCHEMES

G.B. Zagorulko 485-500

DEVELOPMENT OF ONTOLOGY FOR INTELLIGENT SCIENTIFIC
INTERNET RESOURCE DECISION-MAKING SUPPORT
IN WEAKLY FORMALIZED DOMAINS

APPLIED ONTOLOGY OF DESIGNING

A.V. Boldyrev, M.V. Pavelchuk 501-513

TRAINING TECHNIQUE FOR TOPOLOGICAL STRUCTURES DESIGNING
BASED ON A VARIABLE DENSITY BODY MODELS

O.C. Logunova, E.A. Ilina, C.N. Popov 514-524

ONTOLOGY OF CONCEPTUAL APPARATUS
FOR PROCESSING BIBLIOGRAPHIC INFORMATION

PHILOSOPHICAL AND LINGUISTIC ASPECTS OF DESIGNING

A.N. Ognev 525-540

ONTOGNOSEOLOGICAL ASPECT OF THE PROBLEM
OF CONSTRUCTIVE COVENTION

A.N. Remizov 541-554

LOGIC OF SUSTAINABLE ARCHITECTURE

Scientific Conferences 555

In commemoration of our Teacher 556



«МЕРА ЛУЧШЕ ВСЕГО» MEASURE IS BEST

ОТ РЕДАКЦИИ



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

2016 год подходит к своему завершению. Для редакции журнала он был напряжённым, т.к. созданная пять лет тому назад площадка для обсуждения результатов онтологического анализа предметных областей и происходящих в них процессов «притягивает» исследователей, занимающихся разработкой информационных систем и системным анализом, и специалистов, занимающиеся гуманитарными дисциплинами: философов, психологов и лингвистов.

«Наука начинается там, где начинают измерять». Эти слова великого русского учёного Д.И. Менделеева как лакмусовая бумага определяют и отделяют науку от прочих видов человеческой деятельности. Но задолго до него о *мере* говорил причисляемый к «семи греческим мудрецам» *Клеобул* (VI век до н. э.), который был одним из правителей города Линдос на острове Родос в Греции. В своём городе Клеобул обновил знаменитый храм Афины и построил водопровод, снабжавший город водой вплоть до средневековья. Он выступал за обучение женщин, видимо потому, что из детей имел только дочь *Клеобулину*. Ему приписываются изречения: «Мера лучше всего», «В достатке не заносись, в нужде не унижайся», «Детей воспитывай», «К несправедливости питай ненависть, благочестие блюди», «Силой не делай ничего» и многих других подобных. Автор многочисленных стихов, песен, шарад и загадок. Считается, что Клеобул в годы своего правления находился под влиянием своей дочери Клеобулины - поэтессы и философа. Аристотель цитировал Клеобулину в Поэтике и Риторике. Она упоминалась в драме Кратина — «Клеобулины». Плутарх писал, что Фалес характеризовал её как женщину с умом государственного деятеля. В историю Клеобул вошел как справедливый и мудрый правитель, при котором на острове не было внутренних распрей, выросли ремесла, сельское хозяйство и торговый оборот.

Из опубликованных в этом номере работ, авторы которых представляют различные города нашей необъятной страны (Москва, Иркутск, Новосибирск, Ижевск, Самара, Магнитогорск, Апатиты, Уфа), хотелось бы, прежде всего, выделить две работы, которые напрямую связаны с поиском *меры*. Это статья профессора *Пиявского С.А.*, которому, по нашему мнению, удалось повысить обоснованность и простоту использования широко известного метода анализа иерархий Т. Саати. Публикуемые им результаты существенно продвигают объективизацию решения многокритериальных задач, а разработанные оценки и численные значения соотнесения критериев позволяют надеяться на то, что полученные «золотые сечения» в форме «таблиц Пиявского» вскоре могут стать азбучными (как таблицы Брадиса). Не менее значима и векторная логика доктора наук *Аршинского Л.В.*, описавшего путь, который прошёл математический аппарат логики от оперирования парой чисел $\{0, 1\}$ к работе с достаточно сложными векторными конструкциями. Именно эти две статьи и открывают номер.

Мы продолжаем расширять наше присутствие в медиа пространстве. К Crossref, РИНЦ, КиберЛенинке и EBSCO, в этом квартале благодаря компании ИВИС (IVIS) добавилось размещение журнала на платформе **EastView** в коллекции «Издания по естественным наукам».

Уважаемый читатель и наш будущий автор!

Присоединяйтесь и Вы к нам в Новом году!

Ontologists and designers of all countries and subject areas, join us!

УДК 519.5

КАК «НУМЕРИЗОВАТЬ» ПОНЯТИЕ «ВАЖНЕЕ»

С.А. Пиявский

Архитектурно-строительный институт
Самарского государственного технического университета, Самара, Россия
spiyav@mail.ru

Аннотация

Проблема многокритериального выбора является ключевым элементом принятия сложных решений и уже более полувека не теряет актуальности. Предложен целый ряд подходов и методов, позволяющих предполагать, что принимаемые с их использованием решения наиболее рациональны. Основным элементом большинства из этих методов является линейная свёртка частных критериев, а различие заключается в тех или иных эвристических или экспертных способах задания числовых значений коэффициентов важности критериев. В этих условиях представляется полезным поиск универсальных средств многокритериального сравнения альтернатив, основанных на небольшом числе естественных аксиом, математически строго обоснованных и, в то же время, простых при практическом использовании. В статье предлагается подход, состоящий в том, чтобы перейти от непрерывного пространства коэффициентов важности частных критериев к более естественному для лица, принимающего решение, дискретному пространству политик выбора. Использование такого пространства позволило достаточно просто классифицировать задачи принятия решения и сформировать универсальную таблицу коэффициентов сравнительной важности частных критериев пригодную для любых задач многокритериальной оптимизации альтернатив. Кроме этого, анализ понятия «важности» в пространстве политик выбора позволил рассмотреть некоторые новые аспекты сравнительной оценки многокритериальных альтернатив. В частности, показана некорректность осреднения нормированных значений критериев, признаваемых эквивалентными по важности; выявлен так называемый «краевой эффект», состоящий в постоянстве цепочек коэффициентов сравнительной важности критериев, отвечающих одинаковым крайним фрагментам политики выбора. Проведено сравнение предложенного подхода с широко известным методом анализа иерархий Т. Саати и разработана модификация, повышающая обоснованность и простоту использования этого метода.

Ключевые слова: принятие решений, многокритериальный выбор, универсальные коэффициенты важности, метод анализа иерархий, аналитическое планирование.

Цитирование: Пиявский, С.А. Как «нумеризовать» понятие «важнее» / С.А. Пиявский // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 414-435. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-414-435.

Введение

В физическом мире пространства-времени для сравнительного анализа материальных объектов ключевыми являются понятия «дальше» и «быстрее». Для их количественного измерения - так сказать, «нумеризации» - человечество создаёт специальные инструменты, в простом случае школьную линейку и секундомер. В социуме столь же значимую роль играет понятие «важнее» и оно также подлежит количественному измерению. Оно органически связано с непрерывно осуществляемым каждым человеком процессом выбора наилучшего решения из набора возможных вариантов (альтернатив). С середины прошлого века вопросы научной поддержки этого процесса становятся всё более актуальными (например, [1-8]).

Дело в том, что при разумном выборе, осмысливая решение всесторонне, человек, в конечном счёте, выделяет ряд различных его *аспектов* (дезагрегирует проблему) так, чтобы по

каждому из них альтернативы могли быть упорядочены в сторону, например, их ухудшения. В науке, технике, экономике в большинстве случаев эффективность альтернатив по каждому аспекту может быть оценена по *количественной* или *порядковой* шкале, то есть является соответствующим частным критерием. Шкалы частных критериев приводят к единой шкале (это называется *нормализацией*), после чего наступает заключительный этап принятия решения – формирование алгоритма, позволяющего для каждой альтернативы по значениям её частных критериев рассчитать значение некоторого *комплексного критерия*, определяющего эффективность альтернативы в целом.

Если при этом лицо, принимающее решение (ЛПР), может исходить из одинаковой важности всех учитываемых аспектов, чаще всего алгоритм оказывается простым: исходя из соображений простоты понимания и симметрии ситуации, достаточно сложить значения частных критериев или рассчитать их среднее арифметическое (принцип Лапласа).

Гипотеза 1 о линейной свёртке частных критериев. Если одни аспекты представляются для ЛПР более «важными», чем другие, то традиционно в этом случае предлагается принять в качестве комплексного критерия *средневзвешенное значение* частных критериев – т.н. линейную свёртку:

$$(1) \quad F(f) = \sum_{j=1}^m x^j f^j, \quad j = 1, \dots, m, \quad x^j \geq 0, \quad \sum_{j=1}^m x^j = 1,$$

где $f = (f^1, f^2, \dots, f^m)$ – вектор значений m частных критериев f^j , $j = 1, \dots, m$, а x^1, x^2, \dots, x^m – вектор количественных весовых коэффициентов, отражающих *сравнительную важность* для ЛПР различных аспектов сравнения решений. Здесь и возникает вопрос – как задать количественные значения весовых коэффициентов? Общеизвестно, что простейшее решение – пусть эти значения укажет ЛПР, сообразуясь со своим внутренним ощущением, – нереализуемо. Жених не в состоянии достаточно уверенно определить, что, например, красота невесты в 2,354 раза важнее для него, чем её ум. Он может достаточно уверенно решить про себя, что красота «важнее» или «намного важнее», но не более того. Отсюда возникает вопрос – возможно ли создать достаточно понятную и широко признаваемую *универсальную шкалу*, которая определила бы численные значения весовых коэффициентов, отвечающие различным *степеням* понятия «важнее»?

Одной из первых и наиболее успешных попыток в этом направлении можно считать предложенный Т. Саати *метод анализа иерархий*, также называемый «аналитическое планирование» (*Analytic Hierarchy Process*, АНР) [9]. В его основе лежит шкала, приведённая в таблице 1 [9-11].

Применительно к обсуждаемой проблеме эта универсальная шкала позволяет весьма просто рассчитать значения коэффициентов важности частных критериев в конкретной задаче принятия решений, если в ней ЛПР попарно сравнил между собой частные критерии и сопоставил каждой паре соответствующие значения из таблицы 1. Алгоритм расчёта достаточно естественен и основан на том соображении, что если коэффициент важности критерия A в k раз больше коэффициента важности критерия B , то рассчитанный по этому же алгоритму коэффициент важности критерия B должен ровно в $1/k$ раз быть больше коэффициента важности критерия A .

Такой подход имеет два недостатка: не очень убедительное обоснование «*волшебных чисел*» 1, 3, 5, 7, 9 и большое число *парных сравнений* критериев ЛПР-ом (например, при 15 критериях 105 сравнений), что не только утомительно, но и неизбежно приводит к трудно устранимой *несогласованности* оценок. Оба сделанных замечания будут более подробно рассмотрены далее.

Таблица 1 –Шкала относительной важности в методе анализа иерархий Т. Саати по [11]

Определение сравнительной важности двух сравниваемых объектов	Коэффициент важности (в оригинале – <i>интенсивность относительной важности</i>)	Объяснения (в формулировке оригинала)
Равная важность	1	Равный вклад двух видов деятельности в цель
Умеренное превосходство одного над другим	3	Опыт и суждения дают лёгкое превосходство одному виду деятельности над другим
Существенное или сильное превосходство	5	Опыт и суждения дают сильное превосходство одному виду деятельности над другим
Значительное превосходство	7	Одному виду деятельности даётся настолько сильное превосходство, что оно становится практически значительным
Очень сильное превосходство	9	Очевидное превосходство одного вида деятельности над другим подтверждается наиболее сильно
Промежуточные решения между двумя соседними суждениями	2, 4, 6, 8	Применяются в компромиссном случае

В 70-х годах прошлого века был предложен универсальный подход к объективному количественному учёту сравнительной важности критериев [5, 6], получивший название *метода ПРИНН* (Принятие Решений при Неустрашимой Неопределённости), а впоследствии, при его развитии, *метода уверенных суждений* ЛПП [12, 13]. Его суть заключается в том, чтобы признать, что коэффициенты важности критериев являются неопределёнными и оценивать эффективность альтернатив с непосредственным учётом всего множества неопределённости этих критериев. Для облегчения расчётов это множество заменяется универсальным типовым набором так называемых порождающих функций.

Особенно просто выглядит метод ПРИНН применительно к определению коэффициентов важности критериев в линейной свёртке (1). Метод позволяет получить наглядные и простые в использовании универсальные для любых задач принятия решений коэффициенты важности частных критериев, а также глубже проникнуть в самую суть понятия «важнее». Однако лежащий в основе метода достаточно сложный математический аппарат описания порождающих функций делает его непонятным для большинства ЛПП. В настоящей же статье идеи метода ПРИНН применяются изначально к условиям действия гипотезы 1, что позволяет отказаться от введения порождающих функций, заменив их множеством допустимых значений неопределённых коэффициентов важности критериев в линейной свёртке. В результате метод становится понятным для широкого круга ЛПП, что будет способствовать его применению.

1 Формирование таблицы возможных вариантов распределения критериев по группам важности

Гипотеза 2 о группах важности критериев. Единственная возможность для ЛПП указать своё отношение к сравнительной важности различных частных критериев состоит в том, чтобы отнести каждый из них к одной из нескольких групп важности, которые можно обозначить как В1, В2 и т.д. по мере возрастания важности. При этом в конкретной задаче принятия решений нумерация используемых групп должна идти слитно, без пробелов и каждая из используемых групп должна содержать хотя бы один критерий. Это подчеркивает, что, в отличие от подхода АНР, группы важности носят не абсолютный, а относительный характер, т.е. применимы только к той задаче принятия решений, в которой рассматриваются.

Тогда появляется возможность для каждого количества частных критериев указать все варианты распределения этих критериев по группам важности (см., например, таблицы 2-4). В таблице 2 затемнённая строка, например, показывает, что в конкретной задаче принятия решения имеются три частных критерия, причём два из них относятся к первой группе важности, а третий критерий – ко второй группе важности, т.е. он более важен, чем каждый из двух остальных.

В таблицах вариантов распределения критериев по группам важности, очевидно, выполняются следующие условия:

- 1) в строке не может быть числа 0, т.к. не может быть пустой группы значимости (тогда её нужно просто пропустить);
- 2) сумма чисел в строке равна числу критериев n ;
- 3) в каждом столбце j должны встретиться (возможно, не по одному разу) все числа от 1 до $n - j + 1$ (следует из условий 1 и 2).

Таблица 2 – Варианты распределения двух, трёх и четырёх критериев по группам важности

Число частных критериев в задаче принятия решений	Количество критериев в каждой группе важности				
	B1	B2	B3	B4	B5
2	2				
	1	1			
3	3				
	2	1			
	1	2			
4	1	1	1		
	4				
	3	1			
	2	2			
	1	3			
	2	1	1		
	1	2	1		
	1	1	2		
	1	1	1	1	

Таблица 3 – Варианты распределения пяти критериев по группам важности

Число частных критериев в задаче принятия решений	Количество критериев в каждой группе важности					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
5	1	1	1	1	1	
	1	1	1	2		
	1	1	2	1		
	1	1	3			
	1	2	1	1		
	1	2	2			
	1	3	1			
	1	4				
	2	1	1	1		
	2	1	2			
	2	2	1			
	2	3				
	3	1	1			
	3	2				
	4	1				
5						

Таблицы можно достраивать методом индукции, последовательно переходя от n к $n + 1$. Для этого каждую строку предшествующей таблицы модифицируем в новые строки, поочередно прибавляя к каждому ненулевому элементу строки единицу. А затем дописываем

строки предыдущей таблицы, добавляя единицу после последней заполненной клетки. В получившейся новой таблице оставляем лишь уникальные строки

Таблица 4 – Варианты распределения шести критериев по группам важности

Число частных критериев в задаче принятия решений	Количество критериев в каждой группе важности					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
6	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	2	
	1	1	1	2	1	
	1	1	1	3		
	1	1	2	1	1	
	1	1	2	2		
	1	1	3	1		
	1	1	4			
	1	2	1	1	1	
	1	2	1	2		
	1	2	2	1		
	1	2	3			
	1	3	1	1		
	1	3	2			
	1	4	1			
	1	5				
	2	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	
	2	1	2	1		
	2	1	3			
	2	2	1	1		
	2	2	2			
	2	3	1			
	2	4				
	3	1	1	1		
	3	1	2			
	3	2	1			
	3	3				
	4	1	1			
	4	2				
	5	1				
	6					

2 Таблица универсальных коэффициентов важности для линейной свёртки критериев

Гипотеза 3 о непосредственном учёте неопределённости коэффициентов важности частных критериев. В основу комплексной оценки многокритериальных альтернатив следует положить всё множество значений коэффициентов важности частных критериев, удовлетворяющих высказанным ЛПР-ом предпочтениям (что составляет суть метода ПРИНН). В условиях сформулированных гипотез 1 и 2 это позволяет рассчитать универсальные значения коэффициентов важности частных критериев, применимые при решении любых конкретных задач многокритериального выбора. Такие таблицы для небольшого числа критериев рассчитаны в настоящей статье, а численно могут быть заранее рассчитаны для любого практически полезного количества критериев.

Поясним их использование на примере «Выбор площадки для строительства аэропорта» из [7]. Исходные данные примера приведены в левой части таблицы 5. В правой части показаны нормированные значения частных критериев в пределах от 0 до 1. В последнем столбце таблицы 5 приведены результаты расчёта комплексного критерия при гуманной политике выбора ЛПР, полагающего, что наиболее важным критерием является «Количество людей, подвергающихся шумовым воздействиям», менее важным – «Время поездки от центра горо-

да» и ещё менее важным – «Стоимость строительства аэропорта». Такой политике выбора отвечают универсальные коэффициенты важности, показанные в строке 1, 1, 1 таблицы 7: (0,111; 0,278; 0,611). С их использованием значение комплексного критерия, рассчитанное для площадки *A*, равно $0,111*1+0,278*1+0,611*0 = 0,389$. Рассчитанные аналогичным образом значения для других альтернатив приведены в последнем столбце таблицы 5. Как видно из неё, наилучшим выбором является площадка *B*.

Таблица 5 – Выбор площадки для строительства аэропорта

Варианты решений	Частные критерии (на минимум)			Нормированные частные критерии			Комплексный критерий (на минимум)
	Стоимость строительства аэропорта (млн.ед.)	Время поездки от центра города (мин)	Количество людей, подвергающихся шумовым воздействиям (тыс. чел.).	Стоимость строительства аэропорта (норм)	Время поездки от центра города (норм)	Количество людей, подвергающихся шумовым воздействиям (норм)	
Группы важности	B1	B2	B3	B1	B2	B3	
Коэффициенты важности				0,111	0,278	0,611	
Площадка <i>A</i>	180	70	10	1,000	1,000	0,000	0,389
Площадка <i>B</i>	170	40	15	0,667	0,000	0,333	0,276
Площадка <i>C</i>	160	55	20	0,333	0,500	0,667	0,583
Площадка <i>D</i>	150	50	25	0,000	0,333	1,000	4
минимум	150	40	10				
максимум	180	70	25				

3 Определение универсальных коэффициентов важности для линейной свёртки критериев методом ПРИНН

Рассмотрим теперь, как определяются на основе гипотез 1-3 коэффициенты важности частных критериев в линейной свертке. Как указано выше, при известных коэффициентах важности комплексный критерий линейной свертки имеет вид (1). Гипотеза 3 предлагает рассматривать его с учётом того, что коэффициенты важности не известны однозначно, а лишь принадлежат некоторому множеству неопределённости коэффициентов X элементов m -мерного пространства, удовлетворяющих высказанным ЛПР-ом предпочтениям. Это множество описывается соотношениями из (1)

$$(2) \quad j = 1, \dots, m, \quad x^j \geq 0, \quad j = 1, \dots, m, \quad \sum_{j=1}^m x^j = 1,$$

к которым добавляются модели, описывающие отнесение ЛПР-ом различных критериев к различным группам важности.

Значение нового комплексного критерия \bar{F} определяется при этом как среднее из значений функции (1) по всему множеству X , т.е.

$$(3) \quad \bar{F} = \frac{\int_{x \in X} F(f) dx}{\int_{x \in X} dx}.$$

Проведём преобразования:

$$\bar{F} = \frac{\int_{x \in X} F(f) dx}{\int_{x \in X} dx} = \frac{\int_{x \in X} \sum_{j=1}^m x^j f^j dx}{\int_{x \in X} dx} = \sum_{j=1}^m \frac{\int_{x \in X} x^j dx}{\int_{x \in X} dx} f^j \equiv \sum_{j=1}^m x_{cm}^j f^j,$$

где

$$(4) \quad x_{cm}^j = \frac{\int_{x \in X} \sum_{j=1}^m x^j dx}{\int_{x \in X} dx}, \quad j = 1, \dots, m.$$

Таким образом, получен важный и красивый результат. Оказалось, что коэффициенты важности частных критериев в линейной свёртке не зависят от сравниваемых альтернатив и геометрически представляют собой координаты центра масс фигуры (это подчеркивает индекс *cm*), описываемой множеством неопределённости коэффициентов X . Это позволяет получить значения коэффициентов важности критериев, непосредственно рассматривая множества неопределённости критериев для каждой строки таблиц 2-4.

Вычисление коэффициентов (4) легко вести методом статистических испытаний или прямым перебором с малым шагом, непосредственно вычисляя многомерные интегралы. Однако для небольшого числа частных критериев можно аналитически получить точные значения коэффициентов важности, непосредственно анализируя графический образ их множества неопределённости.

4 Аналитический расчёт универсальных коэффициентов важности для двух, трёх и четырёх критериев

Для двух критериев, как следует из таблицы 2, возможны лишь две различные политики сравнительной оценки важности частных критериев:

- <2; 2> - оба критерия равно важны;
- <2; 1, 1> - один критерий важнее другого.

Для политики <2; 2> из условий симметрии $x^1 = x^2 = 0,5$.

Для политики <2; 1, 1> легко определить координаты центра масс множества неопределённости коэффициентов важности. Оно задаётся соотношениями

$$x^1 \geq 0, \quad x^2 \geq 0, \quad x^1 + x^2 = 1, \quad x^1 \geq x^2$$

и представляет собой линию AB на двумерной плоскости (x^1, x^2) (см. рисунок 1). Центр масс этой линии, находящийся в её середине, имеет координаты

$$x^1 = \frac{3}{4} = 0,75, \quad x^2 = \frac{1}{4} = 0,25.$$

Для трёх критериев возможны четыре различные политики сравнительной оценки важности критериев:

- <3; 3> - все критерии равно важны;
- <3; 1, 2> - каждый из двух критериев важнее третьего;
- <3; 2, 1> - один критерий важнее каждого из двух других;

- $\langle 3; 1, 1, 1 \rangle$ - один критерий важнее другого, а этот другой важнее третьего.
Для политики $\langle 3; 3 \rangle$, исходя из условий симметрии, очевидно

$$x^1 = x^2 = x^3 = \frac{1}{3} \approx 0,333.$$

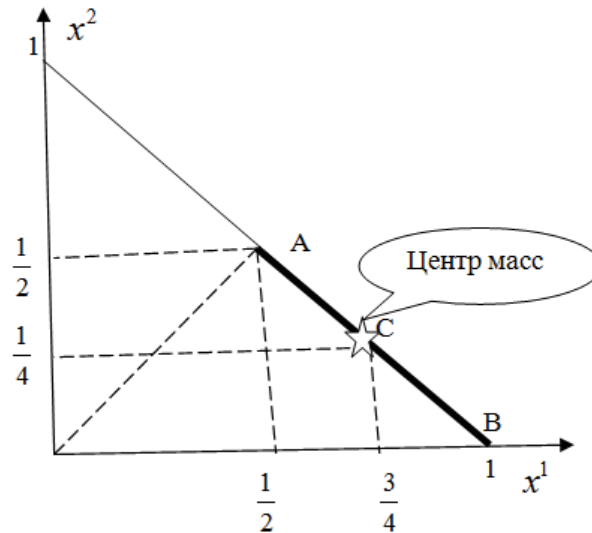


Рисунок 1 - Множество неопределённости весовых коэффициентов двух критериев

Для каждой другой политики необходимо построить в трёхмерном пространстве коэффициентов важности критериев множество неопределённости коэффициентов важности критериев. Каждое из таких множеств является подмножеством множества, заданного соотношениями

$$(5) \quad x^1 \geq 0, \quad x^2 \geq 0, \quad x^3 \geq 0, \quad x^1 + x^2 + x^3 = 1.$$

Это множество представлено треугольником ABC , показанным на рисунке 2.

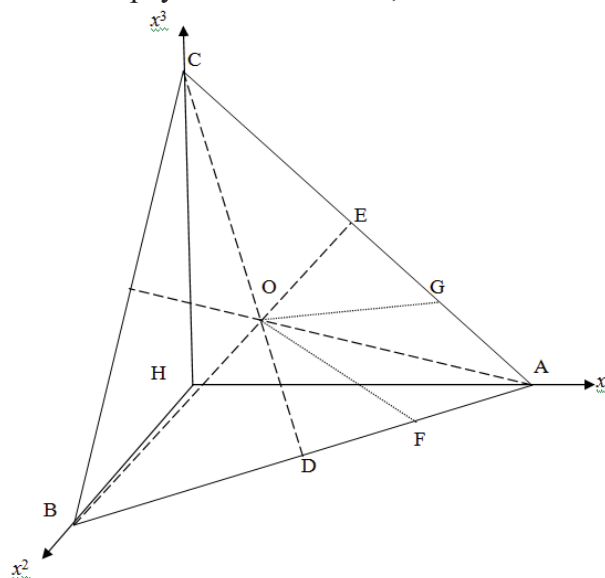


Рисунок 2 – К построению множеств неопределённости весовых коэффициентов трёх критериев при различных политиках сравнительной важности критериев

На рисунке 2 точки $A(1,0,0)$, $B(0,1,0)$, $C(0,0,1)$ являются вершинами равностороннего треугольника. Точка $O(1/3, 1/3, 1/3)$ есть точка пересечения медиан этого треугольника. Точки $D(1/2, 1/2, 0)$, $E(1/2, 0, 1/2)$, $F(3/4, 1/4, 0)$, $G(3/4, 0, 1/4)$ делят пополам соответственно отрезки $[A, B]$, $[A, C]$, $[A, D]$, $[A, E]$.

Для политики $\langle 3; 1, 2 \rangle$ к условию (5) добавляются условия $x^1 \geq x^2$, $x^3 \geq x^2$, которые вырезают из треугольника ABC треугольник AOC , являющийся множеством неопределённости коэффициентов сравнительной важности критериев для этой политики (рисунок 3). Его центр масс лежит на медиане OE на расстоянии двух третей её длины от точки O [1]. Уравнение этой медианы имеет вид [2]

$$\frac{x^1 - \frac{1}{3}}{\frac{1}{2} - \frac{1}{3}} = \frac{x^2 - \frac{1}{3}}{0 - \frac{1}{3}} = \frac{x^3 - \frac{1}{3}}{\frac{1}{2} - \frac{1}{3}} = t,$$

где $0 \leq t \leq 1$ - параметр.

Отсюда $x^1 = \frac{1}{3} + \frac{1}{6}t$, $x^2 = \frac{1}{3} - \frac{1}{3}t$, $x^3 = \frac{1}{3} + \frac{1}{6}t$,

и при $t = \frac{2}{3}$ окончательно $x^1 = \frac{4}{9} \approx 0,444$, $x^2 = \frac{1}{9} \approx 0,111$, $x^3 = \frac{4}{9} \approx 0,444$.

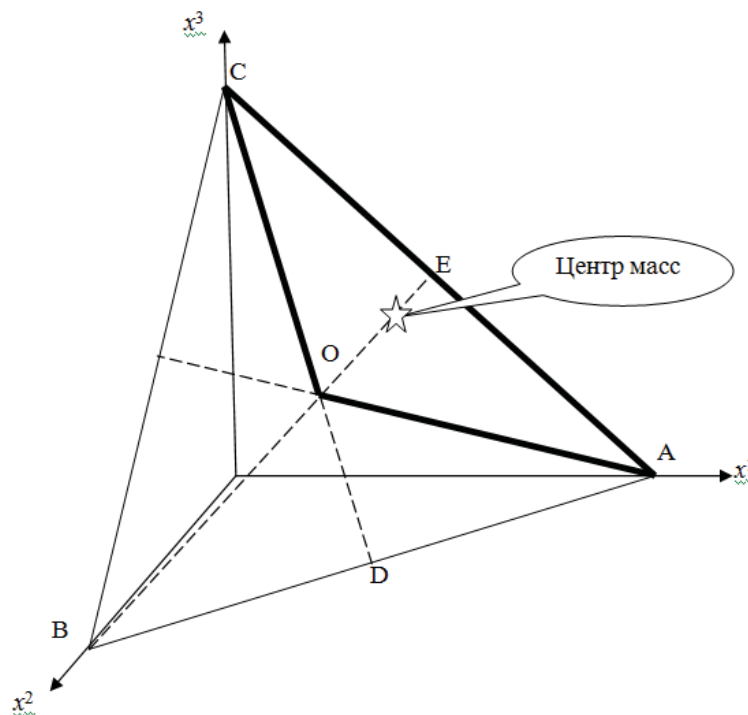


Рисунок 3 – К построению множества неопределённости весовых коэффициентов трёх критериев при политике сравнительной важности критериев $\langle 3; 1, 2 \rangle$

Для политики $\langle 3; 2, 1 \rangle$, аналогично предыдущему, к условию (5) добавляются условия

$$x^1 \geq x^2, x^1 \geq x^3,$$

которые вырезают из треугольника ABC четырёхугольник $ADOE$, являющийся множеством неопределённости коэффициентов сравнительной важности критериев для этой политики (рисунок 4).

Четырехугольник $ADOE$ состоит из двух треугольников ADO и AOE . Центр масс каждого из них лежит соответственно на медианах OF и OG на расстоянии двух третей их длины от точки O .

Уравнение медианы OF имеет вид $\frac{x^1 - \frac{1}{3}}{\frac{3}{4} - \frac{1}{3}} = \frac{x^2 - \frac{1}{3}}{\frac{1}{4} - \frac{1}{3}} = \frac{x^3 - \frac{1}{3}}{0 - \frac{1}{3}} = r$, где $0 \leq r \leq 1$ - параметр.

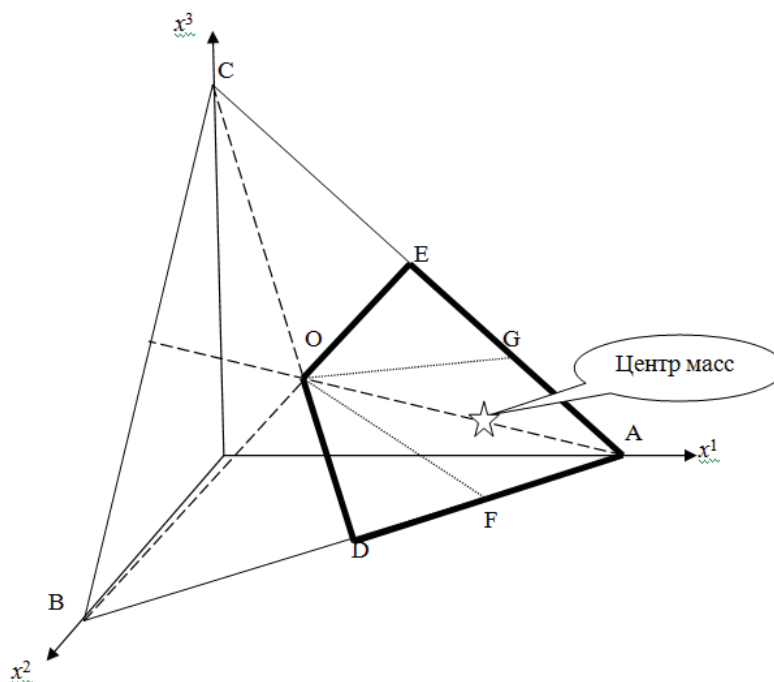


Рисунок 4 – К построению множества неопределённости весовых коэффициентов трех критериев при политике сравнительной важности критериев $\langle 3; 2, 1 \rangle$

Отсюда $x^1 = \frac{1}{3} + \frac{5}{12}r$, $x^2 = \frac{1}{3} - \frac{1}{12}r$, $x^3 = \frac{1}{3} - \frac{1}{3}r$,

и при $r = \frac{2}{3}$ окончательно $x^1 = \frac{11}{18}$, $x^2 = \frac{5}{18}$, $x^3 = \frac{2}{18}$.

Для медианы OG имеем: $\frac{x^1 - \frac{1}{3}}{\frac{3}{4} - \frac{1}{3}} = \frac{x^2 - \frac{1}{3}}{0 - \frac{1}{3}} = \frac{x^3 - \frac{1}{3}}{\frac{1}{4} - \frac{1}{3}} = q$,

где $0 \leq q \leq 1$ - параметр. Тогда $x^1 = \frac{1}{3} + \frac{5}{12}q$, $x^2 = \frac{1}{3} - \frac{1}{3}q$, $x^3 = \frac{1}{3} - \frac{1}{12}q$,

и при $q = \frac{2}{3}$ получаем $x^1 = \frac{11}{18}$, $x^2 = \frac{2}{18}$, $x^3 = \frac{5}{18}$.

Поскольку треугольники ADO и AOE конгруэнтны, т.е. совпадают при вращении вокруг оси AO , их площади равны и потому координаты центра масс четырехугольника $ADOE$ равны среднему арифметическому координат центр масс составляющих его треугольников. Поэтому для координат центра масс множества неопределенности коэффициентов сравнительной важности критериев при рассматриваемой политике получим

$$x^1 = \frac{11}{18} \approx 0,611, \quad x^2 = \frac{7}{36} \approx 0,194, \quad x^3 = \frac{7}{36} \approx 0,194.$$

Для политики $\langle 3; 1, 1, 1 \rangle$ к условию (5) добавляются условия $x^1 \geq x^2$, $x^2 \geq x^3$, которые вырезают из треугольника ABC треугольник AOD , являющийся множеством неопределенности коэффициентов сравнительной важности критериев для этой политики (рисунок 5).

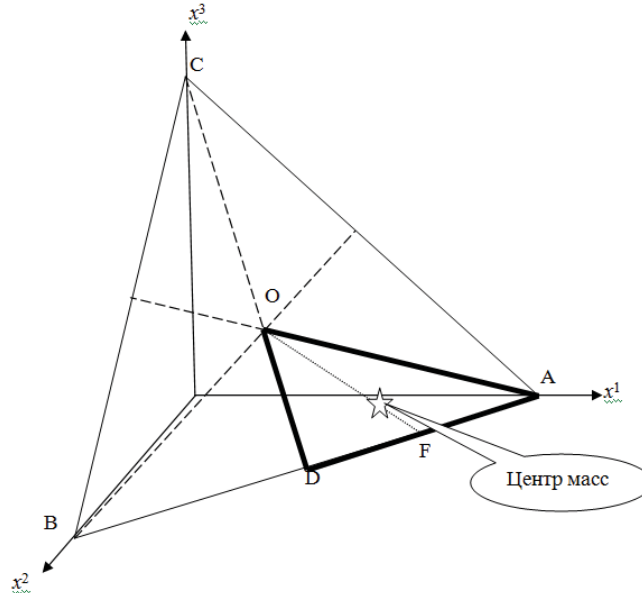


Рисунок 5 – К построению множества неопределённости весовых коэффициентов трех критериев при политике сравнительной важности критериев $\langle 3; 1, 1, 1 \rangle$

Его центр масс лежит на медиане OF на расстоянии двух третей ее длины от точки O . Уравнение этой медианы имеет вид

$$\frac{x^1 - \frac{1}{3}}{\frac{3}{4} - \frac{1}{3}} = \frac{x^2 - \frac{1}{3}}{\frac{1}{4} - \frac{1}{3}} = \frac{x^3 - \frac{1}{3}}{0 - \frac{1}{3}} = k,$$

где $0 \leq k \leq 1$ - параметр.

Отсюда

$$x^1 = \frac{1}{3} + \frac{5}{12}k, \quad x^2 = \frac{1}{3} - \frac{1}{12}k, \quad x^3 = \frac{1}{3} - \frac{1}{3}k,$$

и при $k = \frac{2}{3}$ получаем $x^1 = \frac{11}{18} \approx 0,611$, $x^2 = \frac{5}{18} \approx 0,278$, $x^3 = \frac{1}{9} \approx 0,111$.

Для **четырёх критериев** возможны восемь различных политик сравнительной оценки важности критериев:

- $\langle 4; 4 \rangle$ - все критерии равно важны;
- $\langle 4; 3, 1 \rangle$ - один критерий важнее каждого из остальных;
- $\langle 4; 2, 2 \rangle$ - два критерия эквивалентны друг другу по важности и каждый из них важнее каждого из двух прочих;
- $\langle 4; 1, 3 \rangle$ - три критерия эквивалентны друг другу по важности и каждый из них важнее оставшегося;
- $\langle 4; 2, 1, 1 \rangle$ - один критерий важнее другого и каждый из них важнее каждого из двух прочих;

- $\langle 4; 1, 2, 1 \rangle$ - один критерий важнее каждого из двух других и каждый из них важнее оставшегося;
- $\langle 4; 1, 1, 2 \rangle$ - два критерия эквивалентны друг другу по важности и каждый из них важнее каждого двух прочих, а из этих прочих критериев один важнее другого;
- $\langle 4; 1, 1, 1, 1 \rangle$ - один критерий важнее другого, другой важнее третьего, а третий важнее четвертого.

Геометрические образы множества неопределенности коэффициентов важности критериев для этих политик являются фигурами четырехмерного пространства, поэтому наглядно представить положение их центров масс невозможно. Поэтому уменьшим на единицу размерность пространства, временно исключив из рассмотрения коэффициент x^4 . Используем

для этого уравнение $\sum_{j=1}^m x^j = 1$ из (1). Тогда множество неопределенности критериев x^1, x^2, x^3 будет описываться системой условий

$$(6) \quad x^j \geq 0, \quad j=1,2,3, \quad x^1 + x^2 + x^3 \leq 1,$$

к которой при различных политиках выбора будут добавляться соответствующие условия. Описываемая условиями (6) фигура представляет собой тетраэдр $ABCH$, показанный на рисунке 2. Дополнительные условия, накладываемые различными политиками, будут вырезать из него соответствующие фигуры.

Ввиду большого числа вариантов политик сравнительной оценки важности критериев, в разных случаях используем различные подходы к вычислению коэффициентов важности.

Начнем с последней политики.

Для политики $\langle 4; 1, 1, 1, 1 \rangle$ к условию (6) добавляются условия

$$x^1 \geq x^2, \quad x^2 \geq x^3, \quad x^3 \geq 1 - x^1 - x^2 - x^3.$$

Полученное множество неопределенностей показано на рисунке 6. Условие $x^1 \geq x^2$ вырезает из тетраэдра $ABCH$ тетраэдр $ACDH$, а условие $x^2 \geq x^3$ - тетраэдр $ABPH$. Их общей частью является тетраэдр $AODH$. Условие $x^3 \geq 1 - x^1 - x^2 - x^3$ преобразуем в вид $x^3 \geq \frac{1 - x^1 - x^2}{2}$. Оно определяет верхнюю полуплоскость плоскости, проходящей через точки A, B и точку R , делящую отрезок HC пополам.

Эта плоскость пересекает прямую HO в точке S , координаты которой задаются системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{x^1 - 0}{\frac{1}{3} - 0} = \frac{x^2 - 0}{\frac{1}{3} - 0} = \frac{x^3 - 0}{\frac{1}{3} - 0} = t \\ 2x^3 = 1 - x^1 - x^2 \end{array} \right\}.$$

Отсюда

$$\left\{ \begin{array}{l} x^1 = x^2 = x^3 \\ x^3 = \frac{1}{4} \end{array} \right\}$$

и, таким образом, координаты точки S суть $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$.

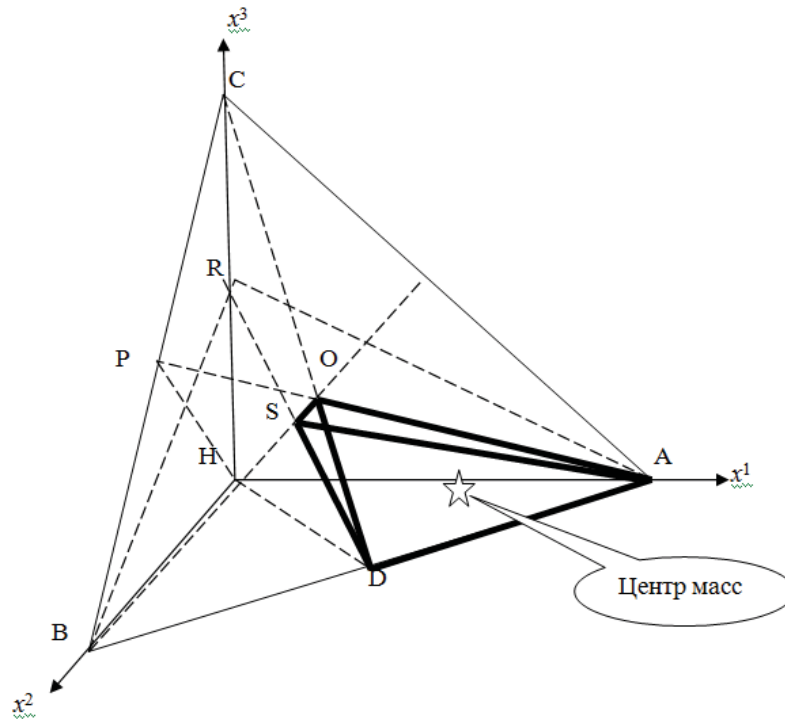


Рисунок 6 – К построению множества неопределённости весовых коэффициентов трех критериев при политике сравнительной важности критериев <4; 1, 1, 1>

Перейдем к определению центра масс этого тетраэдра. Известно, что центр масс тетраэдра лежит на прямой, соединяющей вершину тетраэдра с центром масс противоположной грани на расстоянии три четверти отрезка, считая от этой вершины.

Таким образом, множество неопределенности коэффициентов важности критериев представлено тетраэдром *ADOS*. Как показано выше для политики <3; 1, 1, 1> координаты центра масс грани *ADO* равны $(\frac{11}{18}, \frac{5}{18}, \frac{1}{9})$. Поэтому уравнение отрезка, соединяющего с центром масс грани *ADO* вершину *S* таково:

$$\frac{x^1 - \frac{1}{4}}{\frac{11}{18} - \frac{1}{4}} = \frac{x^2 - \frac{1}{4}}{\frac{5}{18} - \frac{1}{4}} = \frac{x^3 - \frac{1}{4}}{\frac{1}{9} - \frac{1}{4}} = k$$

или $x^1 = \frac{1}{4} + \frac{13}{36}k$, $x^2 = \frac{1}{4} + \frac{1}{36}k$, $x^3 = \frac{1}{4} - \frac{5}{36}k$.

Подставляя $k = \frac{3}{4}$, окончательно получим $x^1 = \frac{25}{48}$, $x^2 = \frac{13}{48}$, $x^3 = \frac{7}{48}$ и $x^4 = \frac{1}{16}$.

Аналогично можно получить и остальные результаты для различных комбинаций распределения четырех критериев по группам важности, показанные в таблице 6.

5 Численный расчёт универсальных коэффициентов важности для пяти и шести критериев

В предыдущем разделе статьи приведены результаты, которые удалось получить аналитическим путем. При большем числе критериев, чем четыре, наглядные геометрические

представления невозможны, поэтому приходится вычислять коэффициенты численно, используя датчик случайных чисел.

В таблицах 7 и 8 представлены значения универсальных коэффициентов важности частных критериев для задач многокритериального выбора, рассчитанные с использованием

Таблица 6 – Точные значения универсальных коэффициентов важности для двух, трёх и четырёх критериев в задаче принятия решения

Число частных критериев в задаче принятия решений	Количество критериев в каждой группе важности					Универсальные значения коэффициентов важности критериев				
	Группа важности критериев					Группа важности критериев				
	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B4	B5
2	2					1/2				
	1	1				1/4	3/4			
3	3					1/3				
	2	1				7/36	11/18			
	1	2				1/9	4/9			
4	1	1	1			1/9	5/18	11/18		
	4					1/4				
	3	1				1/6	25/48			
	2	2				5/48	19/48			
	1	3				1/16	15/48			
	2	1	1			5/48	13/48	25/48		
	1	2	1			1/16	5/24	25/48		
	1	1	2			1/16	7/48	19/48		
1	1	1	1		1/16	7/48	13/48	25/48		

Таблица 7 – Численные значения универсальных коэффициентов важности для двух, трёх и четырёх критериев в задаче принятия решения

Число частных критериев в задаче принятия решений	Универсальные значения коэффициентов важности критериев				Универсальные значения коэффициентов важности критериев			
	Группа важности критериев				Группа важности критериев			
	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
2	2				0,500			
	1	1			0,250	0,750		
3	3				0,333			
	2	1			0,194	0,611		
	1	2			0,111	0,444		
4	1	1	1		0,111	0,277	0,611	
	4				0,250			
	3	1			0,167	0,521		
	2	2			0,104	0,396		
	1	3			0,063	0,313		
	2	1	1		0,104	0,271	0,521	
	1	2	1		0,063	0,208	0,521	

встроенного датчика случайных чисел (ДСЧ) Microsoft Excel. Расчеты показали, что уже при четырех критериях результаты несколько отличаются от рассчитанных по точным формулам, причем увеличение количества испытаний к уменьшению ошибки не приводит, то есть начинает сказываться качество ДСЧ как генератора псевдослучайных чисел. Поэтому при расчете таблиц коэффициентов для числа критериев большего, чем шесть, необходимо будет предварительно оценивать качество применяемого ДСЧ.

Таблица 8 – Численные значения универсальных коэффициентов важности для пяти и шести критериев в задаче принятия решения

Число частных критериев в задаче принятия решений	Количество критериев в каждой группе важности						Универсальные значения коэффициентов важности критериев					
	Группа важности критериев						Группа важности критериев					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
5	1	1	1	1	1		0,038	0,087	0,154	0,256	0,464	
	1	1	1	2			0,038	0,087	0,153	0,361		
	1	1	2	1			0,038	0,087	0,205	0,464		
	1	1	3				0,038	0,085	0,292			
	1	2	1	1			0,038	0,121	0,255	0,466		
	1	2	2				0,038	0,121	0,361			
	1	3	1				0,038	0,165	0,466			
	1	4					0,037	0,238				
	2	1	1	1			0,064	0,155	0,254	0,464		
	2	1	2				0,063	0,153	0,361			
	2	2	1				0,063	0,204	0,467			
	2	3					0,062	0,292				
	3	1	1				0,093	0,254	0,465			
	3	2					0,094	0,359				
	4	1					0,135	0,460				
5						0,200						
6	1	1	1	1	1	1	0,026	0,057	0,098	0,154	0,240	0,427
	1	1	1	1	2		0,026	0,058	0,099	0,154	0,332	
	1	1	1	2	1		0,026	0,058	0,099	0,198	0,422	
	1	1	1	3			0,026	0,057	0,098	0,273		
	1	1	2	1	1		0,026	0,058	0,128	0,241	0,420	
	1	1	2	2			0,026	0,057	0,127	0,332		
	1	1	3	1			0,026	0,057	0,165	0,421		
	1	1	4				0,025	0,056	0,230			
	1	2	1	1	1		0,026	0,079	0,157	0,240	0,418	
	1	2	1	2			0,026	0,079	0,155	0,330		
	1	2	2	1			0,026	0,079	0,199	0,419		
	1	2	3				0,025	0,078	0,273			
	1	3	1	1			0,025	0,105	0,241	0,417		
	1	3	2				0,025	0,104	0,330			
	1	4	1				0,025	0,139	0,418			
	1	5					0,025	0,195				
	2	1	1	1	1		0,043	0,101	0,156	0,239	0,417	
	2	1	1	2			0,043	0,101	0,155	0,330		
	2	1	2	1			0,043	0,101	0,198	0,418		
	2	1	3				0,043	0,099	0,272			
	2	2	1	1			0,043	0,129	0,24	0,416		
	2	2	2				0,042	0,128	0,330			
	2	3	1				0,042	0,166	0,417			
	2	4					0,042	0,229				
	3	1	1	1			0,063	0,157	0,239	0,414		
	3	1	2				0,062	0,156	0,328			
	3	2	1				0,063	0,199	0,415			
	3	3					0,062	0,271				
	4	1	1				0,087	0,241	0,413			
	4	2					0,086	0,328				
5	1					0,117	0,414					
6						0,167						

6 Обсуждение

Полученные результаты позволяют провести разноплановое количественное исследование понятия важности, исходя из строгих математических результатов, полученных на основе всего двух естественных гипотез 1 и 2. Для этого в качестве экспериментального материала используем данные, приведённые в таблицах 6-8.

6.1 Итак, насколько же «важнее» означает «больше»?

Прежде всего, из таблиц 7 и 8 видно, что в числовом выражении важность отдельного объекта в сравниваемом ряду (в нашем случае, важность частного критерия) определяется не только тем, к какой группе важности он отнесён, но и общим числом рассматриваемых объектов и тем, как при этом распределяются объекты по группам важности. Таким образом, *единого числового ряда, обоснованно отвечающего порядковой шкале уровней важности, не существует – для каждого числа критериев и их распределения по группам важности этот ряд свой.* Например, в задаче с пятью группами важности в зависимости от числа критериев и их распределения по этим группам коэффициенты важности относятся то как

1 : 2,2 : 3,8 : 7,6 : 16,2 (для политики выбора <6; 1, 1, 1, 2, 1>),

то как **1 : 2,3 : 3,6 : 5,6 : 9,2** (для политики выбора <6; 1, 2, 1, 1, 1>).

При этом отношения двух соседних коэффициентов важности также различны: **2,2 : 1,7 : 2,0 : 2,1** и **1 : 2,3 : 1,5 : 1,5 : 1,7** соответственно.

В конкретной задаче принятия решения следует найти соответствующую строчку в таблицах универсальных коэффициентов важности (подобных таблицам 7 и 8) и использовать указанный в них числовой ряд.

Представляет интерес, насколько стабильным является отношение коэффициентов важности для двух соседних групп важности по всему массиву возможных политик выбора, представленных в таблицах 7 и 8. В таблице 9 показано отношение коэффициента важности «более важного» критерия к коэффициенту важности «ближайшего менее важного» критерия. Среднее значение этого отношения равно **2,44**, но разброс значений настолько велик (стандартное отклонение равно 5,13), что использовать это, как и любое другое, значение в качестве универсального для любых задач принятия решений не представляется возможным.

Таблица 9 - Распределение значений отношения коэффициентов важности двух соседних по важности критериев при различных политиках сравнения

Диапазон значений отношения коэффициентов важности двух соседних по важности критериев		Частота (%)	Диапазон значений отношения коэффициентов важности двух соседних по важности критериев		Частота (%)
от	до		от	до	
1	1,25	11,03	4,5	4,75	0,69
1,25	1,5	0,00	4,75	5	0,69
1,5	1,75	14,48	5	5,25	0,00
1,75	2	11,03	5,25	5,5	0,69
2	2,25	14,48	5,5	5,75	0,69
2,25	2,5	12,41	5,75	6	0,00
2,5	2,75	8,28	6	6,25	0,00
2,75	3	3,45	6,25	6,5	0,69
3	3,25	10,34	6,5	6,75	0,00
3,25	3,5	2,76	6,75	7	0,00
3,5	3,75	0,69	7	7,25	0,00
3,75	4	3,45	7,25	7,5	0,00
4	4,25	2,07	7,5	7,75	0,00
4,25	4,5	1,38	7,75	8	0,69

Можно рассчитать и средние относительные значения универсальных коэффициентов важности критериев для всего массива задач принятия решений, представленного в таблицах 7 и 8: **1 : 3,2 : 6,5 : 9,9 : 13,2 : 16,4** или, ещё более округлённо, **1 : 3 : 6 : 10 : 16**.

Однако, нет никаких оснований использовать их при решении конкретной задачи, поскольку есть возможность получить оптимальные именно для этой задачи значения из таблицы универсальных коэффициентов важности.

6.2 Как соотносится предлагаемый подход с методом анализа иерархий Т. Саати?

Представляет интерес сопоставить предлагаемый подход с упомянутым методом анализа иерархий, поскольку в этом методе используется именно универсальный числовой ряд для сравнительной количественной оценки объектов различной степени важности:

$$(7) \quad 1 : 3 : 5 : 7 : 9.$$

Мы полагаем, что, с учётом результатов, представленных в настоящей статье, было бы целесообразно модифицировать метод аналитических иерархий, сохранив его структурный аспект, но отказавшись от парного сравнения степени важности рассматриваемых объектов (в частности, критериев) и использования указанного числового ряда.

Действительно, сравнение пар объектов обладает двумя недостатками. Во-первых, в реальности человек не в состоянии столь дробно оценивать отличия в относительной важности объектов, как это предполагает метод анализа иерархий. Следует согласиться, что объяснения, приведённые в третьем столбце таблицы 1, не могут привести ЛПР к достаточно уверенным суждениям.

Во-вторых отнесение сравниваемых объектов к нескольким различным группам важности значительно проще, не говоря уже о том, что этот процесс при n объектах требует от ЛПР всего n решений, тогда как парное сравнение – $n(n-1)/2$, что существенно больше. Так, при 6 критериях парное сравнение потребует 15 решений ЛПР вместо шести, а при десяти критериях – уже 45 очень сомнительных решений вместо десяти вполне определённых.

Наибольшие возражения вызывает использование числового ряда (7).

Он обоснован лишь эвристическими рассуждениями и примерами относительно успешного применения в ряде достаточно искусственных случаев, вроде определения опытными пассажирами самолетов «на глазок» расстояния между крупными городами.

Между тем, этот ряд не согласуется с ключевым положением, лежащим в основе самого метода анализа иерархий. В соответствии с этим положением, идеальная система количественной сравнительной оценки объектов должна быть такой, что если более важный объект в k раз важнее менее важного, то этот менее важный объект должен быть в $1/k$ раз больше более важного. При сравнении нескольких объектов строится квадратная матрица указанных коэффициентов и затем за комплексный коэффициент важности каждого объекта принимается величина, пропорциональная среднему геометрическому их элементов соответствующей ему строки. Отсюда следует, что указанная процедура при сравнении между собой пяти элементов возрастающей важности (назовем ее задачей А) на основе ряда (7) должна в итоге привести к ряду, совпадающему с исходным. Однако, как показывает расчет (таблица 10), результирующий ряд $1 : 1,93 : 3,94 : 8,01 : 15,49$ от исходного существенно отличается. Если поставить оптимизационную задачу найти числа исходного числового ряда, которые приведут к максимально близким числам результирующего ряда, то можно получить такой оптимальный (подчеркнем, для данной конкретной задачи) ряд (таблица 11):

$$1 : 3 : 9 : 27 : 81.$$

Более того, можно убедиться, что такому условию согласованности будет удовлетворять любая геометрическая прогрессия, например, $1 : 2 : 4 : 8 : 16$.

Однако, если рассматривается близкая, но иная конфигурация сравнительной важности такого же количества объектов при таком же количестве уровней важности (назовём её задачей Б, таблицы 12, 13), то не только универсальный ряд (7) окажется несогласованным (результатирующий ряд имеет вид $1 : 2 : 4,58 : 5,08 : 14,49$), но и оптимальный для этой конкретной задачи ряд $1 : 3 : 6,43 : 7,29 : 25,97$ будет несогласованным (результатирующий ряд $1 : 2,71 : 6,27 : 7,30 : 25,95$).

Таблица 10 – Расчет относительной важности критериев в задаче А
в методе анализа иерархий при исходном ряде 1 : 3 : 5 : 7 : 9

Кри- те- рии	Критерии					Произведе- ние коэф- фициентов	Среднее геометриче- ское	Весовые коэффициенты	Нормирование к меньшему коэффициенту
	К1	К2	К3	К4	К5				
К1	1	0,33	0,20	0,14	0,11	0,0010	0,25	0,03	1,00
К2	3	1	0,33	0,20	0,14	0,0285	0,49	0,06	1,93
К3	5	3	1	0,33	0,20	1	1,00	0,13	3,94
К4	7	5	3	1	0,33	35	2,04	0,26	8,01
К5	9	7	5	3	1,00	945	3,94	0,51	15,49
							7,72	1,00	

Таблица 11 – Расчёт относительной важности критериев в задаче А
в методе анализа иерархий при оптимальном исходном ряде 1 : 3 : 9 : 27 : 81

Кри- те- рии	Критерии					Произведе- ние коэффи- циентов	Среднее геометриче- ское	Весовые коэффициенты	Нормирование к меньшему коэффициенту
	К1	К2	К3	К4	К5				
К1	1	0,33	0,11	0,04	0,01	0,00002	0,11	0,01	1,00
К2	3	1	0,33	0,11	0,04	0,00412	0,33	0,02	3,00
К3	9	3	1	0,33	0,11	1	1,00	0,07	9,00
К4	27	9	3	1	0,33	243	3,00	0,22	27,00
К5	81	27	9	3	1,00	59049	9,00	0,67	81,00
							13,44	1,00	

Таблица 12 – Расчёт относительной важности критериев в задаче Б
в методе анализа иерархий при исходном ряде 1 : 3 : 5 : 7 : 9

Кри- те- рии	Критерии					Произведе- ние коэффи- циентов	Среднее геометриче- ское	Весовые коэффициенты	Нормирование к меньшему коэффициенту
	К1	К2	К3	К4	К5				
К1	1	0,33	0,20	0,20	0,11	0,00148	0,27	0,04	1,00
К2	3	1	0,33	0,33	0,14	0,04762	0,54	0,07	2,00
К3	5	3	1	1	0,20	3	1,25	0,17	4,58
К4	5	3	1	1	0,33	5	1,38	0,19	5,08
К5	9	7	5	3	1	945	3,94	0,53	14,49
							7,38	1,00	

Таблица 13 – Расчёт относительной важности критериев в задаче Б
в методе анализа иерархий при оптимальном исходном ряде 1 : 3 : 6,43 : 7,29 : 25,97

Кри- те- рии	Критерии					Произведе- ние коэффи- циентов	Среднее геометриче- ское	Весовые коэффициенты	Нормирование к меньшему коэффициенту
	К1	К2	К3	К4	К5				
К1	1	0,33	0,16	0,16	0,04	0,00031	0,20	0,02	1,00
К2	3	1	0,33	0,33	0,14	0,04571	0,54	0,06	2,71
К3	6,43	3	1	1,00	0,16	3,00000	1,25	0,14	6,27
К4	6,43	3	1	1	0,33	6,43	1,45	0,17	7,30
К5	25,97	7,29	6,43	3	1	3653,50	5,16	0,60	25,95
							8,59	1,00	

Таким образом, большую обоснованность и простоту применения, по нашему мнению, методу анализа иерархий придали бы следующие изменения:

- замена сравнения пар объектов их отнесением к различным группам важности;
- использование для объектов предлагаемых в настоящей статье универсальных коэффициентов важности.

6.3 Корректно ли осреднять после нормирования значения критериев, эквивалентных по важности?

Отметим ещё одну, на первый взгляд неожиданную, особенность понятия «важнее». Критерии, входящие в одну и ту же группу важности, измеренные в одинаковой шкале (например, после их нормализации), нельзя объединять, использовать вместо них значение некоторого «общего» критерия, равное среднему арифметическому их значений, хотя, в силу симметрии, их коэффициенты важности одинаковы.

Действительно, рассмотрим, например, политику $\langle 4; 1, 3 \rangle$ (таблица 7), при которой из четырех частных критериев три являются более важными, чем оставшийся. Казалось бы, эту задачу можно было бы свести к задаче с двумя группами важности критериев $\langle 2; 1, 1 \rangle$, в которой значение более важного критерия равно среднему арифметическому значений трех исходных критериев. Однако это неверно, так как в исходной задаче весовой коэффициент менее важного критерия составляет 0,063, а среднего значения трех важнейших критериев $3 \cdot 0,313 = 0,919$ (сумма приведенных чисел не равна в точности единице из-за ошибок округления), в то время как в редуцированной задаче соответствующие коэффициенты равны 0,25 и 0,75 соответственно. Таким образом, хотя используется линейная свёртка, транзитивность линейности не происходит.

6.4 Как «нумеризовать» качественную шкалу?

Качественная шкала (например, из таблицы 1), представляет собой совокупность объектов возрастающей важности, т.е. описывается политикой выбора вида $\langle N; 1, 1, \dots, 1 \rangle$. Отсюда следует, что отвечающие этим объектам коэффициенты важности определяются соответствующими строками таблицы универсальных коэффициентов важности. Для качественной шкалы с пятью уровнями эти коэффициенты таковы (см. таблицу 7):

$$(8) \quad 0,038 : 0,087 : 0,154 : 0,256 : 0,464.$$

Если пересчитать их в относительные величины к значению коэффициента наименьшего уровня значимости, получим следующую «нумеризованную» качественную шкалу $1 : 2,29 : 4,05 : 6,74 : 12,21$ (в отличие от ряда, предложенного в методе анализа иерархий). Если пересчитать (8), приняв наибольшее значение за 100, получим шкалу $8,19 : 18,75 : 33,19 : 55,17 : 100,00$ или, при округлении для удобства представления в практических задачах

$$8 : 19 : 33 : 55 : 100.$$

В таблице 14 представлены рассчитанные шкалы «нумеризации» качественных шкал от двух до десяти уровней. Каждый столбец таблицы отвечает числу уровней конкретной шкалы, а числа в нем показывают числовые эквиваленты отдельных ее уровней. Например, для 4-х уровневой «шкалы любви» с уровнями «не люблю, люблю, очень люблю, обожаю» числовые эквиваленты этих уровней будут равны соответственно 0, 18, 45, 100.

6.4 «Краевой эффект» таблицы универсальных коэффициентов важности критериев

Взгляд на таблицу универсальных коэффициентов важности критериев позволяет заметить ее интересную особенность: при фиксированном количестве критериев повторяющимся

крайним (в начале и конце записи) фрагментам политики выбора отвечают одинаковые значения универсальных критериев, независимо от того, как распределяются критерии по группам важности. Так, в таблице 8 для пяти критериев при фрагменте «1, 2», расположенном в начале политики выбора, отвечающие ему коэффициенты важности всегда равны 0,038 и 0,121, а при расположении этого фрагмента в конце политики выбора отвечающие ему коэффициенты важности всегда равны 0,153 и 0,361. В то же время отвечающие такому же фрагменту коэффициенты при другом общем числе критериев, конечно, иные: так, при шести критериях они в начале списка коэффициентов – 0,026 и 0,079, а в конце списка коэффициентов – 0,155 и 0,330.

Таблица 14 - Универсальные коэффициенты важности различных уровней качественных шкал

Номер уровня	Универсальные коэффициенты важности различных уровней качественных шкал								
	Число уровней качественной шкалы								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10									100
9								100	58
8							100	58	40
7						100	57	39	28
6					100	56	38	27	20
5				100	55	36	25	19	14
4			100	51	33	23	16	13	9
3		100	45	27	19	13	10	8	5
2	100	33	18	12	8	6	4	3	2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Эта особенность может быть использована при вычислении таблицы универсальных коэффициентов важности критериев. Возможно, она моделирует пока еще не осмысленные нами достаточно глубоко механизмы восприятия человеком сравнительной важности объектов.

Заключение

Используемая в векторной оптимизации линейная свертка критериев, при неоспоримых достоинствах, имела два существенных недостатка: неопределенность в задании числовых значений коэффициентов важности критериев и некорректность, связанная с возможным исключением отдельных Парето-оптимальных альтернатив [12]. Предложенный в статье переход к рассмотрению дискретного пространства политик выбора позволил избавиться её от первого недостатка и облегчить процедуру принятия решений в практических задачах за счёт использования корректно обоснованных универсальных коэффициентов важности частных критериев. Более того, обнаружен ряд новых эффектов, связанных с понятием сравнительной важности объектов. Также удалось предложить модификацию широко известного метода анализа иерархий (аналитического планирования), повышающую его обоснованность и существенно упрощающую применение.

Представляется плодотворным продолжить в дальнейшем использование предложенного подхода, применив его к минимаксной свёртке Ю.Б. Гермейера [14], сам по себе свободный от второго из указанных недостатков. В случае успеха это позволит получить «идеальный» метод многокритериального сравнения альтернатив, использующий лишь единственное допущение: саму идею проводить сравнение альтернатив на основе комплексного критерия оптимальности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: Пер. с англ./Под ред. И.Ф. Шахнова. М.: Радио и связь, 1981. - 560 с.
- [2] *Johannes J.* Vector Optimization: Theory, Applications, and Extensions. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2010. - 460 p.
- [3] *Ansari H.Q., Jen-Chih Yao.* Recent Developments in Vector Optimization. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer-Verlag, 2010. - 550 p.
- [4] *Hirotaka N., Yeboon Y., Min Y.* Sequential Approximate Multiobjective Optimization Using Computational Intelligence. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. - 197 p.
- [5] *Смирнов О.Л., Падалко С.А., Пиявский С.А.* САПР: формирование и функционирование проектных модулей. - М.: Машиностроение, 1987. -272 с.
- [6] *Пиявский С.А., Брусов В.С., Хвилон Е.А.* Оптимизация параметров многоцелевых летательных аппаратов. М. «Машиностроение», 1974, - 106 с.
- [7] *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений, М.: Логос, 2000. - 295 с.
- [8] *Ларичев О.И.* Вербальный анализ решений, ИСИ РАН. – М.: Наука, 2006. – 181 с.
- [9] *Saaty T. L.* (1980) The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill. [Reprinted by RWS Publications, available electronically free, 2000].
- [10] *Саати Т., Кернс К.* Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
- [11] *Саати, Т.* Об измерении неосязаемого. Подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений, Электронный журнал Cloud of Science. 2015. Т.2. №1, <http://cloudofscience.ru>
- [12] *Malyshev V.V., Piyavsky B.S., Piyavsky S.A.* A Decision Making Method Under Conditions of Diversity of Means of Reducing Uncertainty, Journal of Computer and Systems Sciences International. 2010. V. 49. № 1. p. 44-58.
- [13] *Malyshev V.V., Piyavsky S.A.* The Confident Judgment Method In The Selection Of Multiple Criteria Solutions, Journal of Computer and Systems Sciences International. 2015. V. 54. № 5. p. 754-764.
- [14] *Гермейер Ю.Б.* Введение в теорию исследования операций. - М.: Наука, 1971. - 383 с.

HOW DO WE DIGITIZE THE CONCEPT OF «MORE IMPORTANT»

S.A. Piyavsky

*Architecture and Construction Institute, Samara State Technical University, Samara, Russia
spiyav@mail.ru*

Abstract

The problem of multi-criteria analysis is a key element in making complex decisions, retaining its relevance for over fifty years. A number of decision-making approaches and methods, allowing assumption of rationality of their results, have been proposed over the years. The main idea behind the majority of those methods is the linear convolution of partial criteria and the main difference lies in heuristic or expert methods, implicated in numerical expression of weight coefficients of the criteria. In light of this, it seems beneficial to find universal means of multi-criterion comparison of alternatives, based on a small number of natural axioms that are strictly mathematically sound and, at the same time, simple in practical application. The paper proposes an approach based on a transition from continuous space of weight coefficients of partial criteria importance towards a discreet space of behavior methods that is more natural for the decision-maker. This transition enabled a relatively simple classification of decision-making tasks and made possible to form a universal table of relative weights of partial criteria, applicable to any task of multi-criteria optimization on a set of alternatives. In addition, several new aspects of comparative analysis of multi-criteria alternatives were considered based on the analysis of the concept of “importance”. In particular, the invalidity of averaging of normalized criteria values, considered to be of equivalent importance had been shown; also, the so-called “edge effect” which consists in the constancy of the chains of relative importance coefficients of criteria that meet the same extreme fragments of the decision-making policy. A comparative analysis of the proposed method with the well-known method of analytic hierarchy, proposed by Thomas Saaty was carried out and a modification, allowing to increase the ease of use and validity of this method, was developed.

Key words: decision-making, multi-criteria analysis, universal importance coefficients, hierarchy analysis method, analytic planning.

Citation: Piyavsky SA. How do we digitize the concept of «more important». *Ontology of Designing*. 2016; 6(4): 414-435. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-414-435.

References

- [1] *Keeney, R. & Raiffa, H.* Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. 1976. - New York: Wiley
- [2] *Johannes J.* Vector Optimization: Theory, Applications, and Extensions. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2010. - 460 p.
- [3] *Ansari H.Q., Jen-Chih Yao.* Recent Developments in Vector Optimization. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer-Verlag, 2010. - 550 p.
- [4] *Hirota N., Yeboon Y., Min Y.* Sequential Approximate Multiobjective Optimization Using Computational Intelligence. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. - 197 p.
- [5] *Smirnov OL, Padalko SA, Piyavsky SA.* CAD: the formation and operation of the project modules [In Russian]. - M.: Engineering, 1987. -272 p.
- [6] *Piyavsky SA, Brusov VS, Hvilon EA.* Optimization of the parameters of multi-purpose aircraft [In Russian]. M. Engineering, 1974. - 106 p.
- [7] *Larichev OI.* Theory and methods of decision making [In Russian]. - M.: Logos, 2000. - 295 p.
- [8] *Larichev OI.* Verbal Decision Analysis [In Russian], RAS ISI. - M.: Nauka, 2006 - 181 p.
- [9] *Saaty TL.* (1980) The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill. [Reprinted by RWS Publications, available electronically free, 2000].
- [10] *Saaty TL, Kearns KP.* Analytical planning: the organization of systems. Pergamon Press, 1985 - Business & Economics - 208 p.
- [11] *Saaty TL.* On the Measurement of Intangibles. A Principal Eigenvector Approach to Relative Measurement Derived from Paired Comparisons. Notices of the American Mathematical Society 60(2) · February 2013.
- [12] *Malyshev VV, Piyavsky BS, Piyavsky SA.* A Decision Making Method Under Conditions Of Diversity Of Means Of Reducing Uncertainty, Journal of Computer and Systems Sciences International. 2010. V. 49. № 1. p. 44-58.
- [13] *Malyshev VV, Piyavsky SA.* The Confident Judgment Method In The Selection Of Multiple Criteria Solutions, Journal of Computer and Systems Sciences International. 2015. V. 54. № 5. p. 754-764.
- [14] *Germeier YB.* Introduction to Operations Research [In Russian]. - M.: Nauka, 1971. - 383 p.

Сведения об авторе



Пиявский Семен Авраамович (1941 г.р.). Окончил факультет летательных аппаратов Куйбышевского авиационного института в 1964 г., аспирантуру при кафедре динамики полета Московского авиационного института им. С. Орджоникидзе в 1967 г. Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и вычислительной техники Архитектурно-строительного института Самарского государственного технического университета. Почетный работник высшей школы РФ, академик Академии наук о Земле и Академии нелинейных наук. Опубликовал более 350 научных работ в области системного анализа, методов оптимизации и принятия решений, математического моделирования, образовательных систем и технологий.

Semen Avraamovich Piyavsky (b. 1941). Graduated from Kuibyshev Aviation Institute in 1964 and received a postgraduate degree (1967) at the Flight Dynamics Department at the Moscow Aviation Institute named after Ordzhonikidze. Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Mathematics and Computer Science at Architecture and Construction Institute of Samara State Technical University. Honored Worker of Higher School of Russia, Academician of the Academy of Earth Sciences and Academy of Nonlinear Sciences. He has published over 350 scientific papers in the field of system analysis, optimization techniques and decision-making, mathematical modeling, education systems and technologies.

УДК 510.64+004.89

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕКТОРНОГО ФОРМАЛИЗМА В ЛОГИКЕ И ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Л.В. Аршинский

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

Аннотация

В статье выполнен обзор ряда направлений, посвящённых применению векторного формализма в логических исследованиях. Выделяются три таких направления. Первое связано с усложнением формального аппарата классической математической логики за счёт векторизации категорий Истины и Лжи. Оно представлено векторной логикой Е. Мизрахи и матричной логикой А. Штерна. Второе основано на векторизации логической семантики. В нём истинность рассматривается как многокомпонентный вектор. Здесь отмечены логика К.И. Бахтиярова, нейтрософская логика Ф. Смарандаке и логики с векторной семантикой. Третье направление связано с векторизацией силлогистики Аристотеля. Векторное представление в последнем случае используется для частичной визуализации и автоматизации построения силлогизмов. Все три направления имеют практическое значение и находят применение, в частности, для решения задач в области вычислительной техники и искусственного интеллекта.

Ключевые слова: неклассическая логика, векторная логика, нейтрософская логика, логики с векторной семантикой, силлогизм.

Цитирование: Аршинский, Л.В. Применение векторного формализма в логике и логико-математическом моделировании / Л.В. Аршинский // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 436-451. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-436-451.

Введение

Если в развитии логики как науки выделять наиболее значимые этапы, невозможно обойти два из них: собственно создание логики как таковой Аристотелем и её математизацию Дж. Булем. Это начало и конец её первого «диалектического витка», называемого классической логикой. Математизация привела к формированию двух основных направлений её дальнейшего развития. Первое связано с развитием и усложнением формального аппарата классической логики. Второе – с отрицанием классической логики и появлением целого сонма логик, которые в совокупности носят название «неклассических». Причина проста: математика ввела в логику понятие числа. Это естественное, более того, ключевое для математики понятие привело, с одной стороны, к стремлению ввести в обращение более сложные объекты числовой природы, с другой, как ни странно, – к отрицанию постулатов, положенных Аристотелем в основание логической науки.

Число в виде двух логических констант: 1 - «Истина» и 0 - «Ложь», появилось в логике трудами Г. Фреге и Ч. Пирса [1-3]. Их размышления, в первую очередь выполненный Г. Фреге логический анализ языка, выпустили джинна, который похоронил представление об аристотелевской логике, как единственно верной логической картине мира. Безусловно, введение числовых значений истинности не оказало бы столь «роковых» последствий, если бы сама эта логика исчерпывающим образом описывала мир. Уже сам автор понимал её ограниченность, утверждая применимость этой науки только для *physis*'а – неизменной основы ми-

ра и отрицая её полезность для «диалектических высказываний», зависящих от места, времени, знаний и ощущений человека [4]. Он же сформулировал и проблему истинности суждений о будущих случайных событиях; проблему, приведшую Я. Лукасевича к идее сначала трёхзначной, а впоследствии k - и континуумзначных логик [5]. Пока логика действовала лишь в терминах утверждения и отрицания, как это было у Аристотеля, у неё не было подходящих выразительных средств, чтобы эффективно описывать неполное, неточное, относительное, противоречивое и т.д. знание. Это средство ввела математическая логика, и этим средством оказалось число. Введённые Ч. Пирсом и Г. Фреге понятия *Истины* и *Лжи*, как значения истинности предложений, успешно превратились в пару $\{1, 0\}$. И после этого стало ясно, что новые области, о которых не могла и потому отказывалась рассуждать классическая логика, могут быть охвачены введением дополнительных значений истинности: $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, m/n и т.д., вплоть до непрерывного отрезка $[0, 1]$ либо его аналогов. При этом в терминах числа были переформулированы принципы противоречия и исключённого третьего, и оказалось, что они могут не выполняться [5]. Это и стало концом классической логики как «единственно верного учения».

Другим следствием математизации логики стало внесение в неё идей, которые прежде казались с ней несовместимыми. Речь идёт об использовании математического аппарата, который создавался для решения совсем иных задач. В первую очередь физики и механики. Математизация прошла путь от простейшего оперирования парой чисел $\{1, 0\}$, через многозначность, к векторам, позволяя отразить более сложные взаимоотношения объектов и понятий внешнего мира. Считается, что одним из первых о возможной многомерности логики заговорил в начале XX в. казанский логик Н.А. Васильев [6]. Однако в его работах этот термин употребляется скорее как метафора. Фактически речь в них шла о многозначной логике, если пользоваться современной терминологией. Сам Н.А. Васильев не пользовался понятием числа и, развивая свои взгляды, говорил о необходимости замены логического квадрата логическим треугольником, а в качестве дополнительного значения истинности вводил Противоречие [7]. Возможно этим объясняется то, что в то время его идеи развития не получили, а многозначность вошла в логику трудами других исследователей. Однако высказанное им представление о многомерности, пространственности логики тесно связано с понятием вектора. И в этом смысле вклад Н.А. Васильева существенен.

В данной работе выполнен обзор ряда работ и направлений, связанных с применением векторного формализма в логических исследованиях и соответствующих прикладных задачах.

1 Векторная логика Мизрахи и матричная логика Штерна

Среди логиков, использующих понятие вектора для представления истинности, следует отметить векторную логику Мизрахи (*Mizraji E.*). В ней векторами формализуются значения *Истина* и *Ложь*. Её появление связано с исследованиями в области моделирования контекстно-зависимой памяти в нейронных сетях [8, 9]. В основе формализма лежит представление Истины и Лжи двумя q -мерными вектор-столбцами ($q \geq 2$) единичной длины: \mathbf{s} и \mathbf{n} . Первый ассоциируется с *Истиной*, второй с *Ложью*. Истинность в целом представлена парой $\{\mathbf{s}, \mathbf{n}\}$. Вектор-столбцы \mathbf{s} и \mathbf{n} ортонормальны:

$$\mathbf{s}^T \mathbf{n} = \mathbf{n}^T \mathbf{s} = 0; \quad \mathbf{s}^T \mathbf{s} = \mathbf{n}^T \mathbf{n} = 1.$$

Для определения логических связей применяются «монадные операторы»:

$$\mathbf{I} = \mathbf{s}\mathbf{s}^T + \mathbf{n}\mathbf{n}^T; \\ \mathbf{N} = \mathbf{n}\mathbf{s}^T + \mathbf{s}\mathbf{n}^T;$$

$$\mathbf{K} = \mathbf{s}\mathbf{s}^T + \mathbf{s}\mathbf{n}^T;$$

$$\mathbf{M} = \mathbf{n}\mathbf{s}^T + \mathbf{n}\mathbf{n}^T.$$

Матрица \mathbf{I} – оператор тождества; для него выполняется свойство: $\mathbf{I}\mathbf{p} = \mathbf{p}$, где \mathbf{p} – произвольный вектор. Матрица \mathbf{N} соответствует отрицанию: $\mathbf{N}\mathbf{s} = \mathbf{n}$ и $\mathbf{N}\mathbf{n} = \mathbf{s}$.

Конъюнкция и дизъюнкция представляются операторами \mathbf{C} и \mathbf{D} соответственно:

$$\mathbf{C} = \mathbf{I} \otimes \mathbf{s}^T + \mathbf{M} \otimes \mathbf{n}^T;$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{K} \otimes \mathbf{s}^T + \mathbf{I} \otimes \mathbf{n}^T.$$

Или, что то же самое:

$$\mathbf{C} = \mathbf{s}(\mathbf{s} \otimes \mathbf{s})^T + \mathbf{n}(\mathbf{s} \otimes \mathbf{n})^T + \mathbf{n}(\mathbf{n} \otimes \mathbf{s})^T + \mathbf{n}(\mathbf{n} \otimes \mathbf{n})^T;$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{s}(\mathbf{s} \otimes \mathbf{s})^T + \mathbf{s}(\mathbf{s} \otimes \mathbf{n})^T + \mathbf{s}(\mathbf{n} \otimes \mathbf{s})^T + \mathbf{n}(\mathbf{n} \otimes \mathbf{n})^T.$$

Здесь \otimes – произведение Кронекера: если $\mathbf{A} = [a_{ij}]$ и $\mathbf{B} = [b_{ij}]$ – пара матриц размерностью $m \times n$ и $p \times q$, то $\mathbf{A} \otimes \mathbf{B} = [a_{ij}\mathbf{B}]$.

Понятие нечёткости автор вводит конструкцией: $\mathbf{p} = \gamma\mathbf{s} + (1 - \gamma)\mathbf{n}$, где $\gamma \in [0, 1]$ [10]. В частном случае векторов $\mathbf{s} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ и $\mathbf{n} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ это представление фактически совпадает с традиционным.

Несмотря на определённое обобщение классической и нечёткой логик, в логике Мизрахи используются только известные логические связки: конъюнкции, дизъюнкции, отрицания и т.д. Принципиально новым тут является переход от логических констант {Истина, Ложь} к векторам Истины и Лжи. Далее автор развивает это направление, формализуя в нём модальности необходимого и возможного, а также проводя аналогии с вероятностной логикой [10, 11]. Среди российских работ в этой области можно указать [12]. В ней с позиций векторно-матричного представления развита логика нечётких предикатов и дан пример решения экономической задачи. Данная работа, по словам её авторов, опирается на идеи Мизрахи. Интересно, что в ней авторы рассматривают логику Мизрахи с более общих позиций, называя её тензорной.

Близкой по духу к логике Мизрахи является появившаяся примерно в то же время матричная логика Штерна (*Stern A.*) [13]. Её любопытной особенностью является настойчиво проводимая параллель с квантовой механикой, вплоть до использования специфической терминологии. Например, истинность в ней описывается «бра»- и «кет»-векторами – это термины, пришедшие в квантовую механику из работ П. Дирака. Одно из прикладных направлений этой логики – моделирование квантовых процессов.

В логике Штерна в терминах бра- и кет-векторов, а также матричных операторов, подобных операторам квантовой механики, описываются все известные в классической математической логике логические связки: конъюнкции, дизъюнкции, исключаящего или, отрицания, эквивалентности, импликации, стрелки Пирса и пр., – исследуются и обобщаются базовые логические законы вроде законов противоречия, исключённого третьего, Де Моргана. С позиций матричной логики обсуждаются логики Лукасевича, Поста, Рейхенбаха, рассматривается формализация истинности комплексными числами. В частности, известная в нечёткой логике взаимосвязь: $a^+ + a^- = 1$, где $a^+ = \|a\| \in [0, 1]$ – истинность утверждения a , а $a^- = \|\neg a\| \in [0, 1]$ – истинность его отрицания, формирующая, если можно так выразиться, линейную функцию перехода от вектора Истина $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ к вектору Ложь $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$, заменяется функцией перехода «по дуге» единичного радиуса (см. рисунок 1). В связи с этим в [13] говорится

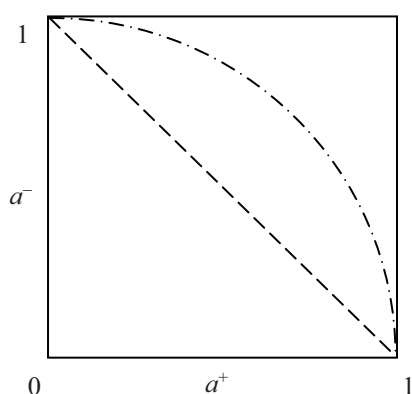


Рисунок 1 - Переход от вектора Истина к вектору Ложь при нечётком и матричном представлении истинности.

о фазовом пространстве значений истинности. Подобную же трактовку истинности допускает и логика Мизрахи. В целом обе этих логики рассматриваются как алгебраические модели элементарной логики, основанные на матричной алгебре. Пионерной работой по приложению линейной алгебры к формальной логике в [9] называется [14].

Следует отметить, что в [13] в качестве базисных векторов берутся только $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ и $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$.

Е. Мизрахи идёт дальше, допуская произвольное количество и произвольные значения компонентов для \mathbf{s} и \mathbf{n} при соблюдении требования их ортонормальности. И в том и в другом случае привязка к

категориям Истины и Лжи и ортонормальность базисных векторов выглядит как скрытая реализация принципов противоречия и исключенного третьего, что позволяет рассматривать эти логики как развитие классических представлений.

Обращает на себя внимание и достаточно тяжелый в содержательном плане математический аппарат обеих логик.

2 Логика Бахтиярова

Примером, где понятие вектора истинности связано с развитием неклассических взглядов, являются исследования К.И. Бахтиярова [15-17]. В их основу положена идея о том, что суждение может оцениваться с разных сторон (позиций, аспектов). Причём истинность каждого аспекта принимает одно из трёх значений: +1 (Истина), -1 (Ложь), 0 (Неопределённость). Истинность суждения в целом представляет собой вектор, компоненты которого суть аспекты оценивания, значения которых принадлежат множеству $\{-1, 0, +1\}$. Истинность сложных суждений рассчитывается на основе покомпонентной обработки векторов. При этом для дизъюнкции результирующее значение аспектов вычисляется по формуле

$$\|a_1 \vee a_2\|_i = \mathbf{sign}(\|a_1\|_i + \|a_2\|_i + 1),$$

а для конъюнкции – по формуле

$$\|a_1 \& a_2\|_i = \mathbf{sign}(\|a_1\|_i + \|a_2\|_i - 1).$$

Для импликации используется

$$\|a_1 \rightarrow a_2\|_i = \mathbf{sign}(\|a_2\|_i - \|a_1\|_i + 1),$$

для отрицания - формула

$$\| \neg a \|_i = -\|a\|_i.$$

Здесь $\|a\|_i$ – i -й аспект истинности суждения a ; $\mathbf{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x > 0; \\ 0, & \text{если } x \leq 0. \end{cases}$

Таким образом, семантика Бахтиярова основана на многоаспектности и векторном описании истинности. Сами аспекты принимают три возможных значения: -1, 0, и 1.

3 Нейтрософская логика Смарандаке

Интересным логическим формализмом, использующим векторное представление истинности, является нейтрософская логика Смарандаке (*Smarandache F.*). Она опирается на идею,

что истинность любого суждения есть вектор из трёх компонентов $\langle T; I; F \rangle$, где T есть степень Истины, I – Нейтральность, F – Ложь. Ложь в данной логике связана с понятием контрарных, а Нейтральность – контрадикторных предложений за вычетом контрарных, если следовать классической терминологии. Однако при этом не исключается совместная реализация трёх аспектов сразу [18].

Каждый из компонентов вектора истинности в логике Смарандаке принимает значение из нестандартного интервала $]^{-}0, 1^{+}[$, где $^{-}0 = 0 - \varepsilon$, $1^{+} = 1 + \varepsilon$ при $\varepsilon \rightarrow 0$. Никакой функциональной связи между $T; I; F$ нет, так что $^{-}0 \leq T + I + F \leq 3^{+}$. В прикладных задачах нестандартный интервал можно заменять обычным: $[0, 1]$. Тогда $T, I, F \in [0, 1]$ и $0 \leq T + I + F \leq 3$ [19, 20].

Значения компонентов могут быть представлены как числами (назовём их «точечными»), так и интервалами, а также представлять собой упорядоченное подмножество из $]^{-}0, 1^{+}[$ (или $[0, 1]$ в прикладных задачах).

Логические связи конъюнкции, дизъюнкции, отрицания представляются в ней конструкциями [20]

$$\begin{aligned} \| a_1 \& a_2 \| &= \langle T_1 \cdot T_2; I_1 \cdot I_2; F_1 \cdot F_2 \rangle, \\ \| a_1 \vee a_2 \| &= \langle T_1 + T_2 - T_1 \cdot T_2; I_1 + I_2 - I_1 \cdot I_2; F_1 + F_2 - F_1 \cdot F_2 \rangle, \\ \| \neg a \| &= \langle 1^{+} - T; 1^{+} - I; 1^{+} - F \rangle \end{aligned}$$

соответственно. Здесь « \cdot », « $+$ », « $-$ » – операции умножения, сложения и вычитания, обобщённые на нестандартные подмножества интервала $]^{-}0, 1^{+}[$; T_i, I_i, F_i – значения компонентов векторов истинности: $\| a_1 \| = \langle T_1; I_1; F_1 \rangle$ и $\| a_2 \| = \langle T_2; I_2; F_2 \rangle$. При переходе к стандартному интервалу $[0, 1]$ и точечным значениям истинности это обычные умножение, сложение и вычитание.

Интересно отметить, что в более поздней работе [21] логические связи формализуются иначе:

$$\begin{aligned} \| a_1 \& a_2 \| &= \langle \mathbf{min}(T_1, T_2); \mathbf{max}(I_1, I_2); \mathbf{max}(F_1, F_2) \rangle, \\ \| a_1 \vee a_2 \| &= \langle \mathbf{max}(T_1, T_2); \mathbf{min}(I_1, I_2); \mathbf{min}(F_1, F_2) \rangle, \\ \| \neg a \| &= \langle F; 1^{+} - I; T \rangle. \end{aligned}$$

Здесь, как и в первом случае, $\mathbf{min}()$ и $\mathbf{max}()$ – обобщения функций минимума и максимума на подмножества нестандартного интервала $]^{-}0, 1^{+}[$. Внимательный анализ показывает, что это принципиально разные определения связок. Автор вводит разные типы конъюнкции, дизъюнкции и отрицания, не комментируя этого.

В прикладных задачах между суждениями важно задавать порядок, позволяющий предпочесть одни другим. В классике эта проблема не рассматривается, ложные предложения просто исключаются из рассмотрения. Однако в многозначных логиках, где результатом вывода часто является несколько утверждений с разными значениями истинности, упорядочивать суждения необходимо. В логике Смарандаке для этого пользуются правилом [20]:

$a_1 \leq a_2$ (a_1 менее предпочтительно, чем a_2), если и только если $T_1 \leq T_2, I_1 \geq I_2, F_1 \geq F_2$, для точечных компонентов, и $a_1 \leq a_2$, если и только если

$$\begin{aligned} \mathbf{inf} T_1 &\leq \mathbf{inf} T_2, \mathbf{sup} T_1 \leq \mathbf{sup} T_2, \\ \mathbf{inf} I_1 &\geq \mathbf{inf} I_2, \mathbf{sup} I_1 \geq \mathbf{sup} I_2, \\ \mathbf{inf} F_1 &\geq \mathbf{inf} F_2, \mathbf{sup} F_1 \geq \mathbf{sup} F_2 \end{aligned}$$

для компонентов-подмножеств.

В [18], а также [20, 21] с позиций нейтрософской логики проведён анализ известных логических (и не только) представлений, включая теорию множеств (нейтрософские множества), теорию вероятности (нейтрософская вероятность), статистику, геометрию и т.д. В частности, рассматривая нейтрософию как направление философии, автор затрагивает квантовомеханическую и релятивистскую картины мира. На русском языке основы этой концепции представлены в [18] и [22].

Нейтрософская логика является следующим шагом после нечёткой. Её особенностью служит ограничение на число компонентов вектора истинности при их жёсткой содержательной интерпретации: Истина, Ложь, Нейтральность. Также используется классический набор логических связок и единственный критерий частичного порядка между суждениями. Достаточно интересным выглядит переход от привычного интервала значений истинности $[0, 1]$ к нестандартному $]^{-}0, 1^{+}[$, хотя прикладная ценность такого перехода всё же сомнительна.

В [23] дан пример решения практической задачи с использованием описанного представления.

4 Логики с векторной семантикой

4.1 Основные понятия

Логики с векторной семантикой – класс логик, в которых истинность суждения a формализуется вектором с произвольным (в общем случае) числом компонентов: $\|a\| = \langle a^1; a^2; \dots; a^n \rangle$, $a^i \in [0, 1]$. Значения каждого из компонентов определяются своим комплексом свидетельств. Позиции компонентов в векторе называются аспектами истинности, а их значения – значениями этих аспектов [24].

Содержательная сторона аспектов вторична. Важно, что истинность отражает представление о соответствии суждения реальности. Важен также характер влияния отдельного компонента на это соответствие. В этом смысле, каковы бы не были аспекты истинности, все они делятся на два класса. В первом случае истинность, выраженная вектором $\langle a^1; a^2; \dots; a^i; \dots; a^n \rangle$, говорит о большем соответствии, чем $\langle a^1; a^2; \dots; a^i'; \dots; a^n \rangle$, если $a^i \geq a^i'$. Во втором – если $a^i \leq a^i'$ [25]. Иначе говоря, важно, что рост (убывание) аспектов первого и второго типа влияет на истинность взаимно противоположным образом. Аспекты первого типа названы *позитивными*, а второго – *негативными*. Чтобы их различать используются верхние индексы «+» и «-». Например, $\langle a^+; a^- \rangle$, $\langle 0.5^+; 0.2^+; 0.9^- \rangle$ и так далее. Если порядок следования аспектов в векторе таков, что сначала указываются позитивные компоненты, такая запись называется *нормальной формой вектора истинности*:

$$\langle a^{1+}; a^{2+}; \dots; a^{i+}; a^{(i+1)-}; \dots; a^{n-} \rangle.$$

Количество позитивных и негативных компонентов в общем случае может быть любым. При этом, если содержательный смысл аспектов истинности не важен и их число не оговаривается, то говорится о *многоаспектных векторных логиках* (V^n -логиках). Иначе, о *двухаспектных*, *трехаспектных* и т.д. Если существенна содержательная сторона аспектов, это может быть отражено в наименовании. Например, V^{TF} -логика – это двухаспектная векторная логика с аспектами $\langle \text{Истина}; \text{Ложь} \rangle$.

4.2 Сложные суждения

Для построения сложных суждений в логиках с векторной семантикой рассматриваются следующие типы логических связок: 1-я и 2-я форма конъюнкции, 1-я и 2-я форма дизъюнкции и две формы отрицания [24].

Определение 1. Первой формой конъюнкции двух суждений a и b называется суждение $c = a \& b$, значения аспектов истинности которого определяются по правилу:

$$\begin{aligned} c^i &= a^i \bullet b^i, \text{ если аспект позитивный;} \\ c^i &= a^i \oplus b^i, \text{ если аспект негативный.} \end{aligned}$$

Определение 2. Второй формой конъюнкции a и b называется суждение $c = a \&_2 b$, значения аспектов истинности которого определяются по правилу:

$$c^i = a^i \bullet b^i.$$

Определение 3. Первой формой дизъюнкции двух суждений a и b называется суждение $c = a \vee b$, значения аспектов истинности которого определяются по правилу:

$$\begin{aligned} c^i &= a^i \oplus b^i, \text{ если аспект позитивный;} \\ c^i &= a^i \bullet b^i, \text{ если аспект негативный.} \end{aligned}$$

Определение 4. Второй формой дизъюнкции двух суждений a и b называется суждение $c = a \vee_2 b$, значения аспектов истинности которого определяются по правилу:

$$c^i = a^i \oplus b^i.$$

Первые формы – это обобщения классических конъюнкции и дизъюнкции на векторный случай. Вторые возможны только в векторной семантике.

Здесь $x \bullet y$ – t -норма, $x \oplus y$ – t -конорма (s -норма) в инфиксной записи при том, что между ними существует взаимосвязь:

$$(1 - x) \bullet (1 - y) = 1 - x \oplus y; \quad (1 - x) \oplus (1 - y) = 1 - x \bullet y.$$

Примерами здесь служат пары функций $x \bullet y = \mathbf{min}(x, y)$, и $x \oplus y = \mathbf{max}(x, y)$; $x \bullet y = \mathbf{max}(0, x + y - 1)$, и $x \oplus y = \mathbf{min}(1, x + y)$; $x \bullet y = xy$, и $x \oplus y = x + y - xy$.

Определение 5. Первой формой отрицания (*отрицанием в форме перестановки*) называется суждение $\neg a$, истинность которого получается из $\|a\|$ путём перестановки местами значений позитивных и негативных компонентов (позитивные компоненты объявляются негативными, а негативные позитивными). Например, для V^{TF} -логик это выглядит как

$$\|\neg a\| = \langle a^-; a^+ \rangle.$$

Эта форма отрицания привязана к содержательному смыслу аспектов истинности и поэтому применима не для всех векторов истинности.

Определение 6. Второй формой отрицания является *отрицание в форме дополнения*:

$$\|\neg a\| = \langle 1 - a^1; 1 - a^2; \dots; 1 - a^n \rangle.$$

Для этой формы отрицания выполняются законы де Моргана в виде:

$$\begin{aligned} \|\sim(a \vee b)\| &= \|\sim a \& \sim b\|; & \|\sim(a \& b)\| &= \|\sim a \vee \sim b\|; \\ \|\sim(a \vee_2 b)\| &= \|\sim a \&_2 \sim b\|; & \|\sim(a \&_2 b)\| &= \|\sim a \vee_2 \sim b\|, - \end{aligned}$$

и эта форма отрицания применима в любой логике с векторной семантикой.

4.3 Кванторы всеобщности и существования

Кванторы всеобщности и существования также приобретают две формы. Их первая форма определяется первой формой связок конъюнкции/дизъюнкции по всем значениям предметной переменной, вторая форма – второй формой связок [26].

4.4 Отношения между суждениями

Между суждениями в логиках с векторной семантикой можно устанавливать отношения, аналогичные отношениям импликации и эквивалентности в классической логике [20].

Определение 7. Суждение a сильнее суждения b (a доминирует над b , записывается $a \gg b$), если $a^i \geq b^i$ для всех i ; т.е., если значения всех аспектов вектора $\|a\|$ не меньше значений соответствующих аспектов вектора $\|b\|$.

Соответственно, суждение a слабее суждения b (b доминирует над a , записывается $a \ll b$), если $a^i \leq b^i$ для всех i ; т.е., если значения всех аспектов вектора $\|a\|$ не больше значений соответствующих аспектов вектора $\|b\|$.

Определение 8. Суждение a правдоподобнее суждения b (записывается $a > b$), если

$$\begin{aligned} a^i &\geq b^i \text{ для всех позитивных аспектов,} \\ a^i &\leq b^i \text{ для всех негативных аспектов,} \end{aligned}$$

т.е., если все аспекты вектора $\|a\|$ «не хуже» соответствующих аспектов вектора $\|b\|$ в «логическом» смысле.

В свою очередь, суждение a менее правдоподобно, чем суждения b (записывается $a < b$), если

$$\begin{aligned} a^i &\leq b^i \text{ для всех позитивных аспектов,} \\ a^i &\geq b^i \text{ для всех негативных аспектов,} \end{aligned}$$

т.е., если все аспекты вектора $\|a\|$ «не лучше» соответствующих аспектов вектора $\|b\|$ в «логическом» смысле.

Данные отношения называются *отношениями доминирования и правдоподобия*.

Определение 9. Суждение a логически эквивалентно суждению b ($a = b$), если $a < b$ и $a > b$ (а также $a \ll b$ и $a \gg b$). В любом из этих случаев $a^i = b^i$ для всех i .

4.5 Логический вывод

Аналогия между отношениями правдоподобия и доминирования и классической импликацией позволяет ввести аналоги правила *modus ponens* [24, 25]:

$$\begin{aligned} a, a \ll b &\vdash b: \|b\| = \|a\| \div \langle 1; \dots; 1 \rangle; \\ a, a < b &\vdash b: \|b\| = \|a\| \div \langle 1^+; \dots; 1^+, 0^-, \dots, 0^- \rangle. \end{aligned}$$

Запись после двоеточия оговаривает область возможных значений вектора истинности заключения b :

$$\|b\| \in [a^1, 1] \times [a^2, 1] \times \dots \times [a^n, 1]$$

в первом случае и

$$\|b\| \in [a^{1+}, 1] \times [a^{2+}, 1] \times \dots \times [a^{i+}, 1] \times [0, a^{(i+1)-}] \times [0, a^{(i+2)-}] \times \dots \times [0, a^{n-}]$$

во втором (здесь учитывается наличие позитивных и негативных аспектов).

Ещё один вид логического вывода, который отчасти может быть обобщён на вектор произвольной размерности, рассматривается в связи с V^{TF} -логиками.

4.6 V^{TF} -логики

Наиболее изученным классом логик с векторной семантикой являются двухаспектные векторные логики с аспектами $\langle \text{Истина}; \text{Ложь} \rangle$ [24, 25]. Они наиболее близки к таким практически востребованным формализмам, как классическая и нечёткая логики (являются их обобщением), а также обобщают некоторые паранепротиворечивые (например, логику Данна [27]).

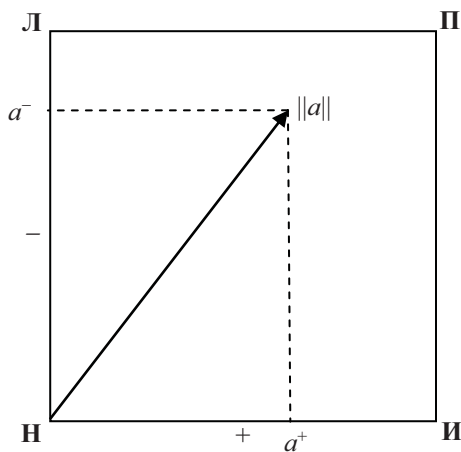


Рисунок 2 - Графическое представление вектора $\|a\| = \langle a^+, a^- \rangle$

$$\begin{aligned} \|a \vee b\| &= \langle a^+ \oplus b^+, a^- \bullet b^- \rangle; & \|a \vee_2 b\| &= \langle a^+ \oplus b^+, a^- \oplus b^- \rangle; \\ \|a \& b\| &= \langle a^+ \bullet b^+, a^- \oplus b^- \rangle; & \|a \&_2 b\| &= \langle a^+ \bullet b^+, a^- \bullet b^- \rangle; \\ \|\neg a\| &= \langle a^-, a^+ \rangle; & \|\sim a\| &= \langle 1 - a^+, 1 - a^- \rangle. \end{aligned}$$

Первые формы конъюнкции и дизъюнкции здесь – это обобщения классических конъюнкции и дизъюнкции на векторный случай. Вторые существуют только в векторной семантике. Первая и вторая формы отрицания при переходе к классической и нечёткой семантике дают одну и ту же форму отрицания: классическую или нечёткую. В V^{TF} -семантике эти отрицания, как легко видеть, различаются. Первое – это отрицание в смысле перестановки свидетельств (положительные меняются с негативными), второе – отрицание в силу недостатка информации.

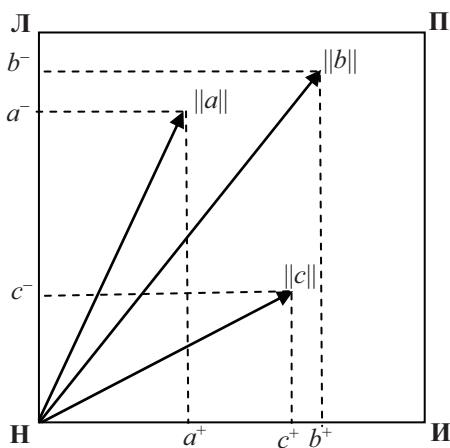


Рисунок 3 - Иллюстрация отношений правдоподобия и доминирования для V^{TF} -логик: $a \ll b, c \ll b, a < c$.

Справедливы свойства:

$$\neg(a \vee b) = \neg a \& \neg b; \quad \neg(a \& b) = \neg a \vee \neg b,$$

а также вышеприведённые законы де Моргана для второй формы отрицания.

Отношения правдоподобия и доминирования иллюстрируются рисунком 3. Выполняются соотношения:

$$\begin{aligned} a < a \vee b; & \quad a \& b < a; \\ a \ll a \vee_2 b; & \quad a \&_2 b \ll a. \end{aligned}$$

Логический вывод в V^{TF} -логиках, помимо упомянутого выше, может выполняться с использованием следующих двух правил, аналогов классических *modus ponens* (MP) и *modus tollens* (MT):

$$\begin{aligned} a, a \rightarrow b \vdash b: \|b\| &= \|a \& i\| = \langle a^+ \bullet i^+, a^- \oplus i^- \rangle \div \langle 1; 0 \rangle; \\ \neg b, a \rightarrow b \vdash \neg a: \|\neg a\| &= \|\neg a \& i\| = \langle a^- \bullet i^+, a^+ \oplus i^- \rangle \div \langle 1; 0 \rangle. \end{aligned}$$

Здесь $a \rightarrow b$ – импликация «Если a , то b » – характерная единица знаний многих экспертных систем. В них она обычно рассматривается как неделимое целое. Её истинность задаётся экспертом, что естественно для таких задач: $\|a \rightarrow b\| = \|i\| = \langle i^+, i^- \rangle$.

Указанные правила вывода обобщаются на интервальное представление истинности (рисунок 4) [28].

Обобщение MP выглядит следующим образом. Если истинность малой посылки есть

$$\|a\| = \|a\|_1 \div \|a\|_2 = \langle [a^+_1, a^+_2]; [a^-_2, a^-_1] \rangle,$$

а истинность большой –

$$\|i\| = \|i\|_1 \div \|i\|_2 = \langle [i^+_1, i^+_2], [i^-_2, i^-_1] \rangle,$$

то истинность заключения $\|b\|$ равна

$$\begin{aligned} \|b\| &= \langle a^+_1 \bullet i^+_1; a^-_1 \oplus i^-_1 \rangle \div \langle a^-_1 \oplus i^+_2; a^+_1 \bullet i^-_2 \rangle = \\ &= \langle [a^+_1 \bullet i^+_1, a^-_1 \oplus i^+_2]; [a^+_1 \bullet i^-_2, a^-_1 \oplus i^-_1] \rangle, \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} a, a \rightarrow b \vdash b: \|b\| &= \|a \& i\| = \\ &= \langle a^+_1 \bullet i^+_1; a^-_1 \oplus i^-_1 \rangle \div \langle a^-_1 \oplus i^+_2; a^+_1 \bullet i^-_2 \rangle. \end{aligned}$$

Иначе говоря,

$$\|b\| \in [a^+_1 \bullet i^+_1, a^-_1 \oplus i^+_2] \times [a^+_1 \bullet i^-_2, a^-_1 \oplus i^-_1].$$

В свою очередь MT для первой формы отрицания обобщается на интервалы как

$$\neg b, a \rightarrow b \vdash \neg a: \|\neg a\| = \|\neg b \& i\| = \langle b^-_1 \bullet i^+_1; b^+_1 \oplus i^-_1 \rangle \div \langle b^+_1 \oplus i^+_2; b^-_1 \bullet i^-_2 \rangle,$$

или, что то же самое,

$$\|a\| = \langle b^-_1 \bullet i^-_2; b^+_1 \oplus i^+_2 \rangle \div \langle b^+_1 \oplus i^-_1; b^-_1 \bullet i^+_1 \rangle.$$

Для второй формы отрицания (отрицания в форме дополнения) правило MT в интервальном случае приобретает вид [29]

$$\sim b, a \rightarrow b \vdash \sim a: \|\sim a\| = \langle (1 - b^+_2) \bullet i^+_1; (1 - b^-_2) \oplus i^-_1 \rangle \div \langle (1 - b^+_2) \oplus i^+_2; (1 - b^-_2) \bullet i^-_2 \rangle.$$

Суждения в V^{TF} -логиках могут характеризоваться рядом скалярных мер:

- мера определённости (*определённость*) $\mu_o(a) = a^+ \oplus a^-$;
- мера противоречия (*противоречивость*) $\mu_n(a) = a^+ \bullet a^-$;
- показатель достоверности (*достоверность*) $\mu_d(a) = a^+ - a^-$;
- мера строгости (*строгость*) $\mu_c(a) = \mu_o(a) - \mu_n(a) = a^+ \oplus a^- - a^+ \bullet a^-$ или $\mu_c(a) = |\mu_d(a)|$;
- показатель избыточности (*избыточность*) $\mu_{изб}(a) = a^+ + a^- - 1$.

В интервальном случае в качестве a^+ и a^- можно брать середины интервалов или определённую точку внутри них. Кроме того в интервальном случае также может быть также введена мера точности вектора истинности, которая должна быть максимальной, когда $a^+_1 = a^+_2$ и $a^-_1 = a^-_2$ и минимальной при $\|a\| = \langle [0, 1]; [0, 1] \rangle$. Такую роль может исполнять, например, показатель

$$\mu_{мчн} = 1 - \sqrt{\frac{(a^+_2 - a^+_1)^2 + (a^-_2 - a^-_1)^2}{2}}.$$

Механизм интервального вывода для V^{TF} -логик описан в [28]. Особенности работы машины вывода, использующей его для моделирования правдоподобных рассуждений, обсуждаются в [29].

4.7 Проблемы и следствия

Представление истинности вектором ставит ряд вопросов. *Первый – содержательная интерпретация аспектов истинности.* Здесь возможны как минимум два взгляда.

- 1) аспекты истинности – это обычные нечёткие значения истинности, характеризующие объект с разных позиций. Например, истинность суждения «Автомобиль комфортен»

можно характеризовать с позиций качества отделки салона, мощности двигателя, шумоизоляции салона и т.п. Соответственно, истинность $\langle 0.3; 0.5; 0.8; \dots \rangle$ означает, что качество отделки салона невысоко, мощность двигателя средняя, шумоизоляция хорошая и т.д. Вектор здесь – обычный нечёткий вектор, компоненты которого принимают значения из отрезка $[0, 1]$. Этот взгляд достаточно очевиден (на нём основано понятие нечёткого вектора) и не заслуживает особого обсуждения.

- 2) аспекты – *категории истинности*, вроде Истины и Лжи. Значения компонентов здесь – степени выраженности соответствующей категории, определяемые поступившими свидетельствами или по иным соображениям (например, экспертно).

Второй взгляд рассматриваем как основной. При этом возникает вопрос *о числе и характере аспектов истинности, исчерпывающим образом описывающих реальность*. Если становиться на позиции, близкие к классической логике, их всего два: Истина и Ложь. В нейтрософской логике Ф. Смарандаке три: Истина, Ложь и Нейтральность. Однако принципиальной особенностью рассматриваемого сорта логик является допущение сколь угодно количества аспектов истинности, или, что то же самое, сколь угодно большого количества компонентов вектора $\langle a^1; \dots; a^n \rangle$. Работая, например, в рамках V^{TF} -логики, не запрещается предполагать наличие ещё каких-либо «не учтённых» аспектов истинности (об их существовании можно даже не подозревать). Все неучтённые аспекты проецируются в точку $\langle 0; 0 \rangle$, разрушая исходного формализма. В этом смысле логики с векторной семантикой действительно свободны от принципов противоречия и исключённого третьего.

Любой набор аспектов истинности можно свести к полному введением «замыкания» – фиктивного компонента a^{n+1} со значением [24]:

$$a^{n+1} = 1 - a^1 \oplus \dots \oplus a^n.$$

В этом случае

$$a^1 \oplus \dots \oplus a^n \oplus a^{n+1} > 0,$$

что можно рассматривать как полноту вектора истинности. Однако, вопрос о том, *сколько и каких аспектов истинности исчерпывающим образом описывают реальность*, остаётся, хотя и переходит больше в философскую плоскость. Если их выделить, все возможные логические семантики могут быть построены на их основе. Обратной стороной этой проблемы является построение логик и связанных с ними частных семантик на основе известных аспектов истинности. Так, нечёткая семантика получается введением двух ограничений: рассматриваются только аспекты Истина и Ложь и $a^+ + a^- = 1$, классическая – ограничениями $a^+, a^- \in \{0, 1\}$ и $a^+ + a^- = 1$. В [22] упоминаются одноаспектные логики, например, с аспектом только Истина или только Ложь. Для завершенности можно ввести и 0-аспектную логику V^0 , суждения которой вообще лишены какого-либо смысла. И так далее. *Проблема полноты – вторая проблема* данного типа векторных логик.

Наконец *третьей проблемой* логик с векторной семантикой является *проблема коммуникации*. Если допустить наличие субъектов, мыслящих в «ортогональных логических координатах», не породит ли это проблему взаимопонимания? Так, суждения, осмысленные для нас (обычно мы мыслим в категориях Истины и Лжи) окажутся лишёнными смысла для разума, мыслящего в иных категориях истинности: он спроецирует их в точку $\langle 0; \dots; 0 \rangle$. И наоборот. Данная проблема, кажется, лежит вне логики, однако тесно связана с ней.

Двумя очевидными следствиями логик с векторной семантикой является расширенный взгляд на теорию множеств и теорию вероятностей.

Если истинность утверждения о принадлежности объекта x множеству X считать вектором: $\|x \in X\| = \langle x^1; \dots; x^n \rangle$, - это в общем случае приводит к обобщению понятий множества, нечёткого множества, нейтрософского множества.

В теории вероятности всё, так или иначе, основано на представлении о возможности благоприятных и неблагоприятных исходов некоторого опыта. Если истинность соответствующего предиката считать векторной, это расширяет понятие вероятности. Аксиоматический взгляд на вероятность ничего не меняет, т.к. векторным становится истинность утверждения о принадлежности элементарного случайного события $e \in \Omega$ случайному событию $A \subseteq \Omega$: $\|e \in A\| = \langle e^1; \dots; e^n \rangle$. Учитывая место теории множеств в современной математике, можно быть уверенным, что этими примерами всё не исчерпывается. Достаточно подробное изложение рассмотренного формализма дано в [25]. Его приложение к онтологическому анализу данных и формальным онтологиям представлено в работах С.В. Смирнова и его коллег (см. напр. [30, 31]).

5 Векторизация силлогизмов Аристотеля

Ещё одним направлением использования векторов в логике стала формализация силлогизмов. Это позволило не только автоматизировать их построение, но и визуализировать данный процесс [32, 33]. Хорошим примером визуализации логических конструкций служат круги Эйлера и диаграммы Эйлера-Венна (из последних работ здесь можно указать [32]). Здесь с этой целью применяют векторы, а специалисты, использующие соответствующий формализм, также говорят о нём как о векторной логике.

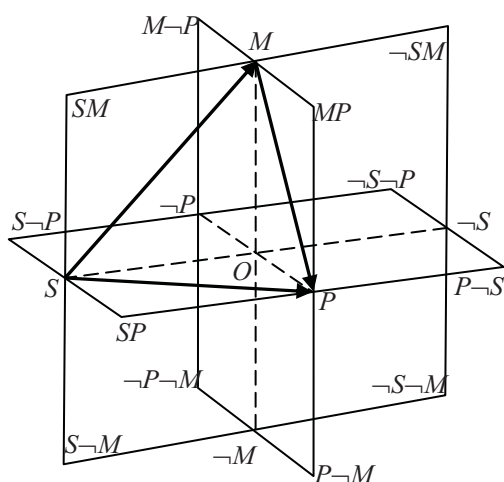


Рисунок 4 – Логическое пространство и векторы модуса Barbara

В основу формализма легло представление силлогистических рассуждений цепочками векторов в n -мерном пространстве. Каждая посылка стандартной формы представляется как вектор, а заключение силлогизма является суммой векторов, представляющих посылки, по правилу треугольника. Векторы размещаются в т.н. логическом пространстве. Размерность пространства соответствует числу терминов, участвующих в рассуждении. Например, для категорического силлогизма (модус Barbara) это выглядит так, как показано на рисунке 4. Здесь S – субъект, M – средний термин, P – предикат. Например:

Все птицы имеют крылья
Все пингвины – птицы
 Все пингвины имеют крылья

На рисунке 4 S – быть пингвином, M – быть птицей, P – иметь крылья. Вектор SM , равный $(-1, 1, 0)$ – посылка «Все пингвины – птицы», вектор $MP = (0, -1, 1)$ – посылка «Все птицы имеют крылья», вектор $SP = (-1, 0, 1)$ – заключение «Все пингвины имеют крылья». Заключение является суммой векторов SM и MP .

Векторы, соединяющие между собой точки $S, M, P, \neg S, \neg M, \neg P$, а также весь набор точек типа $SM, \neg SM, S\neg M, \neg S\neg M, SP, S\neg P$ и им подобным с точкой O , как концом вектора, соответствуют общеутвердительным и общеотрицательным посылкам. Векторы, соединяющие точку O (начало вектора) с этими же точками – частноутвердительным и частноотрицательным. Например, вектор, соединяющий точку O с точкой SP , соответствует посылке «Некоторые S есть P ». Векторы общеутвердительных посылок могут переноситься в пределах своей плоскости и называются свободными. Векторы, начинающиеся в точке O , такой воз-

возможностью не обладают и называются связанными. Свободные векторы перемещаются с целью формирования цепочек, подобных только что рассмотренной. Связанные векторы зафиксированы. Если можно решить задачу (осуществить заключение) посредством свободного переноса векторов и их суммирования, то результат визуализируется в виде вектора, которому может быть дана соответствующая текстовая интерпретация. Если цепочку сформировать не удаётся, силлогизм является неверным.

Несмотря на известную условность, с помощью данного подхода решаются задачи моделирования некоторых предметных областей [34].

Заключение

Таким образом, можно заключить, что на сегодня математический аппарат логики прошёл путь от оперирования парой чисел $\{0, 1\}$ к работе с достаточно сложными векторными конструкциями. Часть из них связана с усложнением аппарата классической логики, часть – с переходом к неклассическим представлениям, часть – как средство визуализации и компьютеризации процесса рассуждений. Это не означает, что происходит вытеснение одного взгляда другими. Это говорит лишь о расширении наших возможностей в понимании и описании вещей и процессов. Новое здесь не отменяет, а дополняет известное, и векторное представление логической семантики и логических конструкций – очередной этап в этом движении.

Список источников

- [1] *Пирс, Ч.С.* Начала прагматизма. Том 2. Логические основания теории знаков / Пер. с англ. В.В. Кирющенко, М.В. Колопотина. – СПб.: Алетейа, 2000. – 352 с.
- [2] *Фреге, Г.* Логика и логическая семантика / Г. Фреге // Перев. с нем. Б.В. Бирюкова. – М.: Аспект Пресс, 2000. – 512 с.
- [3] *Шрамко, Я.В.* Истина и ложь: что такое истинностные значения и для чего они нужны / Я.В. Шрамко // Логос. – 2009. – №2(70). – С. 96-121.
- [4] *Аристотель.* Сочинения. В 4-х т., т. 3 / Вступ. статья и примеч. И.Д. Рожанского. – М.: Мысль, 1981. – 613 с.
- [5] *Карпенко, А.С.* Многозначные логики / А.С. Карпенко. – М.: Наука, 1997. – 223 с.
- [6] *Васильев, Н.А.* Воображаемая логика. Избранные труды / Н.А. Васильев. – М.: Наука, 1989. – 264 с.
- [7] *Васильев, Н.А.* О частных суждениях, о треугольнике противоположностей, о законе исключенного четвертого / Н.А. Васильев. – Казань, 1910.
- [8] *Mizraji, E.* Context-dependent associations in linear distributed memories / E. Mizraji // Bulletin of Mathematical Biology. – 1989. – V. 51. – P. 195-205.
- [9] *Mizraji, E.* Vector logics: The matrix-vector representation of logical calculus / E. Mizraji // Fuzzy Sets and Systems. – 1992. – V. 50. – P. 179-185.
- [10] *Mizraji, E.* Modalities in Vector Logic / E. Mizraji // Notre Dame Journal of Formal Logic. – 1994. – V. 35, No 2. – P. 272-283.
- [11] *Mizraji, E.* Vector logic: A natural algebraic representation of the fundamental logical gates // Journal of Logic and Computation. – 2008. – V. 18. – P. 97-121.
- [12] *Богданов, К.В.* Матричное представление нечеткой логики / К.В. Богданов, М.А. Марценюк // Нечёткие системы и мягкие вычисления. – 2007. – Том 2. – № 3. – С. 7-36.
- [13] *Stern, A.* Matrix Logic / A. Stern. – Elsevier Science Publishers B.V., 1988. – 215 p.
- [14] *Copilowish, I.M.* Matrix development of the calculus of relations / I.M. Copilowish // The Journal of Symbolic Logic. – 1948. – V. 13. – P 193-203.
- [15] *Бахтияров, К.И.* Об одном подходе к формализации парадоксальных ситуаций / К.И. Бахтияров // Философские науки. – 1976. – №1. – С.52-62.
- [16] *Бахтияров, К.И.* Компьютеризация логики / К.И. Бахтияров // Философские науки. – 1990. – №9. – С. 117-122.

- [17] **Бахтияров, К.И.** Логика с точки зрения информатики: бестселлер в духе Льюиса Кэрролла (12 этюдов) / К.И. Бахтияров. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 128 с.
- [18] **Смарандаке, Ф.** Сущность нейтрософии. Пер. с англ. Д. Рабунского. – Hexis Publishers, Феникс, Аризона, 2006. – 33 с.
- [19] **Smarandache, F.** Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set and Logic / F. Smarandache. – American Research Press, Rehoboth, 1998. – 105 p.
- [20] **Smarandache, F.** An Introduction to Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, and Neutrosophic Probability and Statistics / F. Smarandache // Proc. of the First International Conference on Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics. University of New Mexico-Gallup, 1-3 December 2001. – Phoenix: Xiquan, 2001. – P. 5-21.
- [21] **Smarandache, F.** A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics / F. Smarandache. – InfoLearnQuest, 2006. – 155 p.
- [22] **Рабунский, Д.** Нейтрософские методы в общей теории относительности / Д. Рабунский, Ф. Смарандаке, Л. Борисова: Пер. с англ. – Феникс, Аризона: HEXIS Publishers, 2005. – 107 с.
- [23] **Бартенев, В.В.** Повышение качества функционирования комбинированного нечеткого регулятора системы управления движением на базе применения интервальной нейтрософской логики / В.В. Бартенев, С.Ф. Яцун // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов V-й Международной научно-технической конференции (28-30 мая 2009 г., Коломна, Россия). Т. 2. – М.: Физматлит, 2009. – С. 799-807.
- [24] **Аршинский, Л.В.** Методы обработки нестрогих высказываний / Л.В. Аршинский. – Иркутск: Изд-во Восточно-Сибирского института МВД России, 1998. – 40 с.
- [25] **Аршинский, Л.В.** Векторные логики: основания, концепции, модели / Л.В. Аршинский. – Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2007. – 228 с.
- [26] **Аршинский, Л.В.** Нестрогая квантификация / Л.В. Аршинский // Управление в системах: Вестник Иркутского государственного технического университета. Сер. Кибернетика. – 1999. – Вып.2. – С. 3-9.
- [27] **Dunn, J.M.** Algebra of Intensional Logics. Doctoral Dissertation University of Pittsburg, Ann Arbor, 1966.
- [28] **Аршинский, Л.В.** Интервальное оценивание истинности в системах автоматизированных рассуждений на основе V^{TF} -логик / Л.В. Аршинский // Труды IV международной конференции «Идентификация систем и задачи управления». SICPRO'05. Москва, 25-28 января 2005. – М.: ИПУ РАН, 2005. – С. 1061-1074.
- [29] **Аршинский, Л.В.** Особенности работы машины вывода системы моделирования правдоподобных рассуждений «Гераклит» / Л.В. Аршинский // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. №2. – С.18-29.
- [30] **Смирнов, С.В.** Формальный подход к представлению смысла проблемной ситуации в процессах коллективного принятия решений / С.В. Смирнов // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014 (16-19 июня 2014 г., Москва, Россия). – М.: ИПУ РАН, 2014. – С. 6261-6270.
- [31] **Самойлов, Д.Е.** Анализ неполных данных в задачах построения формальных онтологий / Д.Е. Самойлов, В.А. Семенова, С.В. Смирнов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №3(21). – С. 317-339.
- [32] **Cullinane, S.H.** The Geometry of Logic: Finite Geometry and the 16 Boolean Connectives / S.H. Cullinane [Электронный ресурс], 2007. – <http://finitegeometry.org/sc/16/logic.html>.
- [33] **Westphal, J.** Logic as a Vector System / J. Westphal, J. Hardy // Journal of Logic and Computation. – 2005. – V. 15. – P. 751-765.
- [34] **Межуев, В.И.** Использование векторной алгебры для построения инструментов предметно-ориентированного моделирования / В.И. Межуев // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2010. – №2(24). – С. 79-84.

THE APPLICATION OF VECTOR FORMALISM IN LOGIC AND LOGICAL-MATHEMATICAL MODELING

L.V. Arshinskiy

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia
larsh@mail.ru

Abstract

The article presents an overview of research related to the application of vector formalism in logical investigations. Three directions of research in this area are discussed. The first area has to deal with the complication of formalism of

classical mathematical logic. It is based on the vectorization of the categories of Truth and Falsehood. This line of research is represented by a vector logic of E. Mizrahi and matrix logic of A. Stern. The second one is the vectorization of logical semantics. This approach is represented by the logic of K.I. Bakhtiyarov, neutrosophy logic of F. Smarandache and in the logics with vector semantics. The third area is devoted to vectorization syllogistics of Aristotle. Here vector representation is used for partial visualization and automation of building syllogisms. All three areas are of practical importance and can be used for the solution of applied problems, in particular, in computer science and artificial intelligence.

Key words: non-classical logic, multivalued logic, vector logic, neutrosophic logic, logic with vector semantics.

Citation: Arshinskiy LV. The application of vector formalism in logic and logical-mathematical modeling. *Ontology of designing*. 2016; 6(4): 436-451. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-436-451.

References

- [1] **Pirs ChS.** Nachala pragmatizma. T. 2. Logicheskiye osnovaniya teorii znakov [The beginning of pragmatism. Vol. 2. Logical foundations of the theory of signs]. [In Russian] – Moscow: Aleteya, 2000. – 352 p.
- [2] **Frege G.** Logika i logicheskaya semantika [Logic and Logical semantics/ Translation from German BV Biryukova]. [In Russian]. – Moscow: Aspect Press, 2000. – 512 p.
- [3] **Shramko YaV.** Istina i lozh: chto takoe istinnostnye znacheniya i dlya chego oni nuzhny [Truth and lies: what the truth-values and what they need]. [In Russian] // Logos. 2009. No 2(70). – P. 96-121.
- [4] **Aristotel.** Sochineniya [Works]. Vol. 3 [In Russian]. / Vstupit. statya i primech. I.D. Rozhanskiy. – Moscow: Misl, 1981. – 613 p.
- [5] **Karpenko AS.** Mnogoznachnye logiki [Many-valued logic]. [In Russian] – Moscow: Nauka, 1997. – 223 p.
- [6] **Vasilyev NA.** Voobrazhaemaya logika. Izbrannye trudy [Imaginary logic. Selected works]. [In Russian] – Moscow: Nauka, 1989. – 264 p.
- [7] **Vasilyev NA.** O chastnykh suzheniyakh, o treugol'nike protivopoloznostey, o zakone isklucheniya chetvertogo [On the private judgment, on the triangle of opposites, on the law of the excluded of fourth]. [In Russian] - Kazan, 1910.
- [8] **Mizraji E.** Context-dependent associations in linear distributed memories / Bulletin of Mathematical Biology. 1989. V. 51. P. 195-205.
- [9] **Mizraji E.** Vector logics: The matrix-vector representation of logical calculus / Fuzzy Sets and Systems. 1992. V.50. – P. 179-185.
- [10] **Mizraji E.** Modalities in Vector Logic / Notre Dame Journal of Formal Logic. 1994. V. 35. N 2. – P. 272-283.
- [11] **Mizraji E.** Vector logic: A natural algebraic representation of the fundamental logical gates // Journal of Logic and Computation. 2008. V.18. - P. 97–121.
- [12] **Bogdanov RV, Marcenyuk MA.** Matrichnoye predstavleniye nechetkoy logiki [Matrix representation of fuzzy logic]. [In Russian] / Nechetkie systemy i myagkie vichisleniya [Fuzzy Systems and Soft Computing.]. 2007. Vol.2, No 3. P.7-36.
- [13] **Stern A.** Matrix Logic. – Elsevier Science Publishers B.V., 1988. – 215 p.
- [14] **Copilowish IM.** Matrix development of the calculus of relations / The Journal of Symbolic Logic. 1948. V. 13. P.193-203.
- [15] **Bakhtiyarov KI.** Ob odnom podhode k formalizacii paradoksal'nykh situacij [About one approach to formalization of the paradoxical situations]. [In Russian] / Filosofskie nauki [Philosophical Sciences]. No 1. 1976. – P.52-62.
- [16] **Bakhtiyarov KI.** Komp'yuterizaciya logiki [Computerization of logic]. [In Russian] / Filosofskie nauki [Philosophical Sciences]. № 9. 1990. – P. 117-12.
- [17] **Bakhtiyarov KI.** Logika s tochki zreniya informatiki: bestseller v duhe L'juisa Kjerrolla (12 etjudov) [The logic from the point of view of computer science: a bestseller in the spirit of Lewis Carroll (12 etudes)]. [In Russian] – Moscow: Editorial URSS, 2002. – 128 p.
- [18] **Smarandache F.** Sushnost nejtrosofii [The Essence of Neutrosophy]. [In Russian]. – Hexis Publishers, Phoenix, Arizona, 2006. – 33 p. ISBN: 1-931233-07-1.
- [19] **Smarandache F.** Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set and Logic. – American Research Press, Rehoboth, 1998. – 105 p.
- [20] **Smarandache F.** An Introduction to Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, and Neutrosophic Probability and Statistics / Proceedings of the First International Conference on Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics. University of New Mexico-Gallup, 1-3 December 2001. – Phoenix: Xiquan, 2001. – P. 5-21.

- [21] **Smarandache F.** A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics. – InfoLearnQuest, 2006. – 155 p.
- [22] **Rabunskiy D, Smarandache F, Borisova L.** Nejtrososofskiye metody v obshey teorii otноситel'nosti [Neutrosophic methods in General relativity]. [In Russian]. – Fenix, Arizona, HEXIS Publishers, 2006. – 104 p. ISBN 1-931233-06-3.
- [23] **Bartenev VV, Jacun SF.** Povyshenie kachestva funkcionirovaniya kombinirovannogo nechetkogo reguljatora sistemy upravlenija dvizheniem na baze primenenija interval'noj nejtrososofskoj logiki [Improving the quality of functioning of the combined fuzzy controller of a motion control system using interval neutrosophy logic]. [In Russian]. / Integrated models and soft computing in artificial intelligence. Collection of scientific works of V-th International Scientific and Technical Conference (Kolomna, Russia 28-30 May 2009). V 2. – M.: Fizmatlit, 2009. – P.799-807.
- [24] **Arshinskiy LV.** Metody obrabotki nestrogih vyskazyvanij [Methods of processing of nonstrict propositions]. [In Russian] – Irkutsk: East-Siberian Institute of MIA of Russia, 1998. – 40 p.
- [25] **Arshinskiy LV.** Vektornye logiki: osnovaniya, koncepcii, modeli [Vector logic: foundations, concepts, models]. [In Russian] – Irkutsk: Irkutsk state university, 2007. – 228 p.
- [26] **Arshinskiy LV.** Nestrogaja kvantifikacija [The nonstrict quantification]. [In Russian] / Management systems: Bulletin of Irkutsk State Technical University. Series: Cybernetics 1999. N2. – P.3-9.
- [27] **Dunn JM.** Algebra of Intensional Logics / Doctoral Dissertation University of Pittsburg, Ann Arbor, 1966.
- [28] **Arshinskiy LV.** Interval estimation of the truth in the systems of automated reasoning based on the V^{TF} -logics [In Russian] / Proceedings of the IV International Conference «System Identification and Control Problems». SICPRO'05. Moscow 25-28 January 2005. – Moscow: ICS RAS, 2005. – P. 1061-1074.
- [29] **Arshinskiy LV.** Osobennosti raboty mashiny vyvoda sistemy modelirovaniya pravdopodobnykh rassuzhdenij «Geraklit» [Features of working of the reasoning system of the system of modeling plausible reasoning "Heraclitus"]. [In Russian]. Information and mathematical technologies in science and management. 2016. No 2. – P.18-29.
- [30] **Smirnov SV.** Formal'nyj podhod k predstavleniju smysla problemnoj situacii v processah kollektivnogo prinjatija reshenij [A formal approach to the representation of the sense of problem situations in the processes of collective decision-making]. [In Russian] / Proceedings of the XII National Conference on Control Problems. ICS RAS. – M.: ICS RAS, 2014. – P. 6261-6270.
- [31] **Samojlov DE, Semenova VA, Smirnov SV.** Analysis of incomplete data in the task of formal ontologies constructing [In Russian]. Ontology of Designing. – 2016. – V.6, No 3(21). – P. 317-339. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339.
- [32] **Cullinane SH.** The Geometry of Logic: Finite Geometry and the 16 Boolean Connectives, 2007. – <http://finitegeometry.org/sc/16/logic.html>.
- [33] **Westphal J, Hardy J.** Logic as a Vector System. Journal of Logic and Computation. 2005. V.15. – P. 751-765.
- [34] **Mezhuev VI.** Ispol'zovanie vektornoj algebry dlja postroeniya instrumentov predmetno-orientirovannogo modelirovaniya [The use of vector algebra to build of tools of object-oriented modeling]. [In Russian] / Proceedings of the Kharkiv National University of the Air Force. 2010. No 2(24). – P. 79-84.

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 180 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 Head of the Department "Information Systems and Information Protection" Irkutsk State Transport University. Corresponding Member of the

Russian Academy of Natural Sciences. He is author of more than 180 scientific articles and abstracts in the field of aircraft with ground effect wings, image recognizing, plausible inference, teacher evaluation etc.

УДК 004.05

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ДЕФЕКТОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕОРИИ ИНТЕРСУБЪЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В.Е. Гвоздев¹, Д.В. Блинова², Л.Р. Черняховская³

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

¹wega55@mail.ru, ²blinova.darya@gmail.com, ³lrchern@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению роли актора в назначении функциональных свойств базовых и эталонных образцов аппаратно-программных комплексов (АПК). Рассмотрены особенности формирования внешнего облика АПК с позиций положений теории интерсубъективного управления. Рассмотрены понятия «вредные» и «полезные» функции АПК с учётом точки зрения различных акторов. Предложены векторные представления функциональных свойств базовых образцов, приведена многомерная модель, позволяющая анализировать функциональные свойства АПК с учётом разных режимов использования и различных мнений акторов. Предложен подход к оцениванию степени отклонения свойств АПК от базовых, а также функциональной пригодности АПК с учётом совокупности оценок акторов.

Ключевые слова: *интерсубъективное управление, проектирование, функциональная безопасность, дефект аппаратно-программного комплекса, актор, функция принадлежности.*

Цитирование: *Гвоздев, В.Е. Предупреждение дефектов на ранних стадиях проектирования аппаратно-программных комплексов на основе положений теории интерсубъективного управления / В.Е. Гвоздев, Д.В. Блинова, Л.Р. Черняховская // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 452-464. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-452-464.*

Введение

Всё возрастающая роль систем обработки информации и управления в жизни современного общества обусловила необходимость появления нового направления научных исследований и создания прикладных инструментов – дефектологии аппаратно-программных комплексов (АПК) [1-4]. К числу опорных в рамках этого направления относятся понятия «качество» и «симптомы дефектов» (последние выражаются в отклонении показателей качества изделия от базовых показателей качества).

Необходимость разработки подходов к анализу симптомов дефектов вызывается тем, что это создаёт информационный базис для принятия обоснованных решений, во-первых, о действиях по локализации и устранению дефектов и, во-вторых, об объёмах ресурсов, которые следует выделить для снижения количества дефектов до уровня, приемлемого с точки зрения пользователя изделия [5].

Понятие «дефект» неразрывно связано с понятием «базовый образец» [6], «эталонный образец». Это обусловлено тем, что о проявлении дефекта можно говорить лишь в том случае, если определены «базовые», либо «эталонные» свойства изделия.

Определим различие в понятиях «базовые» и «эталонные» свойства.

Базовые свойства соответствуют характеристикам изделий, представленным в официально утверждённых документах [6]. *Эталонные* свойства соответствуют субъективному

представлению отдельного субъекта о желаемых свойствах изделия, не представленных в каких-либо официальных документах.

Одним из основных понятий управления качеством объектов являются понятия: базового образца; базовых значений показателей качества, в том числе показателей функциональной безопасности; определение допустимых отклонений показателей от базовых [7]. Это, в свою очередь, создаёт основу нормирования трудоёмкости мероприятий, направленных на уменьшение количества неустранимых дефектов до уровня, соответствующего приемлемому риску [5].

Задача оценивания значения отклонения показателей качества от эталонных давно и успешно решается применительно к техническим системам. Примером может служить раздел теории надёжности технических изделий – надёжность аппаратных компонентов автоматизированных систем [8]. Базовые значения показателей качества и отклонения от них относятся к классу «жёстких параметров» [7], т.к. в их основе лежат измерительные данные. Иными словами, получаемые оценки отклонений фактических значений показателей качества от базовых являются объективными, т.к. значения измеряемых параметров определяются объективными законами природы.

Возрастание роли программной составляющей в обеспечении функциональной пригодности и безопасности систем управления и обработки информации вынуждает корректировать подходы к формированию базовых показателей и оцениванию степени отклонения от базовых показателей. Это обусловлено необходимостью переосмысления роли персональных онтологий акторов¹ в постановке задач, связанных с проектированием и конструированием систем управления и обработки информации, в особенности на ранних стадиях проектирования [10].

Рассматриваемые в статье подходы к конструированию потребительских свойств базовых образцов на основе формирования единого смыслового пространства акторов являются развитием методического и инструментального направлений в управлении функциональной безопасностью АПК [11].

1 Особенности реализации ранних стадий проектирования аппаратно-программных комплексов

В [12] отмечается, что примерно 50% возможностей систем обработки данных (СОД) остаются невостребованными пользователями. Там же отмечается, что степень вовлечённости пользователей в разработку программных систем входит в первую тройку факторов, обуславливающих успех либо провал программного проекта. В [9, 13] и ряде других публикаций обосновывается необходимость смены методической основы управления системами, в которых доминирующую роль играет субъект: совершить переход от классической научной рациональности к постнеклассической. К числу основных задач, связанных с реализацией интерсубъективного управления, относятся осознание проблемной ситуации (ПС); осмысление ПС; поиск компромисса автономными неоднородными акторами по урегулированию ПС [9].

Рассмотрим кратко содержание этих задач применительно к начальной стадии проектирования АПК – формирования внешнего облика СОД.

Осознание ПС. Необходимость проектирования новой СОД либо модернизации существующего АПК может быть обусловлена либо внешними причинами (изменение состояния

¹ Содержание понятия «актор» отличается от содержания понятия «правообладатель», определенного в ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-20054. Правообладатель – сторона, имеющая право, долю или претензии на систему. В [9] подчёркивается, что «...актор не просто познаёт, а осознаёт сложившуюся проблемную ситуацию, в которую он погружен. Осознание ситуации актором означает, что он знает и понимает не только то, что происходит вокруг, но и то, что нужно что-то делать для изменения ситуации в желаемом для него направлении...». *Прим. авторов.*

объекта, информационную поддержку управления которым обеспечивает СОД), либо внутренними причинами (изменением персональных онтологий субъектов, вовлеченных в управление сложной системой, в результате получения ими новых знаний), либо тем и другим. Осознание отдельными акторами, вовлечёнными в управление одним и тем же сложным объектом, недостатков существующей СОД побуждает их искать новые способы получения необходимой для решения задач управления информации, в том числе образовывать на добровольной основе творческие коллективы, формирующие предложения по потребительским свойствам АПК².

Осмысление ситуации. Разнопрофильные специалисты, осознавшие необходимость изменения потребительских свойств существующей СОД, изначально имеют разное представление о способах урегулирования ПС. Это обусловлено, во-первых, тем, что разные акторы вовлечены в решение различных задач управления. В силу этого их неудовлетворенность вызвана разными причинами, и их пожелания и предложения по совершенствованию свойств АПК изначально не совпадают, а иногда имеют противоположный смысл. Во-вторых, различие в предложениях обусловлено различием персональных онтологий акторов, т.е. каждый из них вкладывает в ПС свой смысл (содержание понятия «персональная онтология» раскрывается в [14]). Добровольное стремление акторов к повышению эффективности информационного обеспечения задач управления, с одной стороны, и изначально различие точек зрения на то, *ЧТО* нужно для этого сделать, создают предпосылки для формирования акторами единого смыслового пространства. Это, в свою очередь, является основой возникновения интересубъективного знания о подходах к совершенствованию потребительских свойств АПК.

Формирование консолидированного мнения о внешнем облике АПК. Формирование единого смыслового пространства разнопрофильными специалистами – единомышленниками, озабоченными повышением ценности СОД, создаёт условия для формирования «идеального» внешнего облика АПК. Термином «идеальный» подчёркивается то обстоятельство, что возможности практической реализации такого АПК ограничиваются доступными ресурсами организации. Тем не менее, наличие «идеального» внешнего облика, наличие единого смыслового пространства и добровольное стремление урегулировать ПС позволяет осознанно и согласованно ранжировать по значимости потребительские свойства СОД³ (требование обязательного определения ранга разных требований пользователей оговорено в [15, 16]).

Описание «идеального» внешнего облика СОД, а также признаваемые акторами ранги потребительских свойств АПК позволяют обоснованно формировать базовые требования к свойствам изделий с учётом объёмов доступных ресурсов организации. В последующем базовые свойства трансформируются в спецификации функциональных и нефункциональных требований.

Отметим, что формирование внешнего облика АПК на основе единого смыслового пространства акторов обеспечивает снижение количества фундаментальных дефектов, допуска-

² Деятельность возникших на добровольной основе коллективов специалистов, формирующих внешний облик СОД исходя из своего опыта решения задач управления, оказывается значительно более результативным и эффективным, по сравнению с укоренившейся практикой сбора руководством организации предложений по закупке программных продуктов с последующим принятием решений специально организованной комиссией, в которой интересы акторов представляются сотрудниками администрации, курирующими вопросы создания, развития и сопровождения информационных систем. Это обусловлено тем, что в последнем случае окончательное решение по закупкам принимают эксперты, находящиеся вне ПС, связанных с управлением сложными объектами. *Прим. авторов.*

³ Принципиальное отличие такого подхода от действующей практики принятия решений о закупке компонентов информационных систем комиссией, в состав которой входят эксперты и представители администрации, но не входят (либо представлены очень ограничено) специалисты, вовлечённые в решение задач управления. Часто волевое решение руководства при организации закупок компонентов СОД не повышает ценности модернизированной системы в глазах пользователей, так как новые потребительские свойства АПК всё же не соответствуют их жизненным потребностям. *Прим. авторов.*

емых на ранней стадии проектирования СОД. Вместе с тем, следует подчеркнуть, что в силу низкой формализации процедуры перевода описания потребительских свойств на языке пользователей в описание свойств АПК на языке разработчика, возможно возникновение ошибок перевода и обусловленных этим дефектов в технических заданиях на разработку программных компонентов.

2 Базовый образец как мост между миром повседневности и миром систем

Свойства базового образца, представляющего собою результат договоренности заинтересованных сторон, является потенциальной причиной различного отношения акторов к одним и тем же проявлениям дефектов на стадии использования АПК. Действительно, персональные представления отдельного актора о свойствах «идеального» с его точки зрения изделия, отличаются от свойств базового образца, являющегося результатом взаимных уступок акторов. В силу этого у разных акторов будет наблюдаться разное отношение к одним и тем же проявлениям дефектов (феномен различной реакции разных пользователей на одни и те же проявления дефектов отмечается, например, в [17]). Отмеченное обстоятельство делает зависимым от актора толкование понятий «функциональная пригодность», «вредные и полезные функции системы», «ошибка», «дефект», «искажение данных» и т.д.

Формирование признаваемого всеми неоднородными акторами описания внешнего облика АПК является мостом между «миром повседневности акторов и миром систем» [18], т.е. между вопросами *ЗАЧЕМ* и *ЧТО*, с одной стороны, и *КАК*, с другой стороны. Перевод программного проекта в «мир систем» позволяет в дальнейшем использовать при проектировании стандартные подходы, типовые руководства и приёмы [6, 15, 16, 19].

В работах, посвящённых проектированию АПК, отмечается, что неоспоримой предпосылкой успешного исхода проекта реализации СОД является высокое качество спецификации требований пользователей. Согласно [19] спецификация требований пользователей является входом проекта, но не составной частью проекта. Этим, на наш взгляд, сторонники «тяжёлых» методологий (основу которых составляет системный подход к управлению сложными изделиями) стремятся показать, что мост между миром повседневности и миром систем уже пройден и реализация проекта перешла в «мир систем». Иными словами, закреплённый в действующих нормативных документах подход к проектированию АПК стремится в своей основе дистанцироваться от фундаментальных дефектов, возникающих на стадии формирования внешнего облика АПК.

Вместе с тем, следует обратить внимание на ограничения подхода к формированию внешнего облика АПК, в основе которого лежат положения теории интересубъективного управления. Изменение внешней и внутренней сред, как объекта управления, так и управляющей системы, вынуждает акторов постоянно пересматривать свойства базового образца. В силу того, что пересмотр свойств требует согласования позиций неоднородных акторов, стремление к формированию «хорошего» базового образца может привести к тому, что скорость модернизации АПК будет меньше, чем скорость изменения внешней по отношению к СОД среды. Иными словами, будет отсутствовать коэволюция между свойствами АПК и внешней средой (свойство коэволюции как отличительного признака сложных систем обсуждается в [20]).

3 Вредные и полезные функции аппаратно-программных комплексов

В качестве концептуальной основы построения эталонных/базовых моделей изделий предлагается использовать функциональный подход. Это обусловлено тем, что рассмотрение

АПК на уровне функциональных свойств позволяет сравнивать между собой изделия разной структуры, созданные на разной элементной базе. Функциональный подход создаёт единую платформу для сравнения разных частей изделий.

Одним из основных условий построения эталонных/базовых моделей АПК должен быть учёт того, что при функционировании сложных систем разной природы и различного назначения имеет место одновременная реализация как полезных, так и вредных функций. На необходимость учёта этого обстоятельства обращается внимание, например, в работах [3, 17, 21].

В дальнейшем под *полезной функцией* АПК понимается такая функция, которая увеличивает ценность продукта (услуги), поставляемого пользователю, либо уменьшает затраты, связанные с получением ценного результата.

Под *вредной функцией* понимается такая функция, которая уменьшает ценность продукта (услуги), поставляемого пользователю, либо увеличивает затраты, связанные с получением ценного результата.

Одна и та же функция автоматической системы с точки зрения разных акторов, может рассматриваться как полезная и как вредная. В то же время достигнутые между акторами договорённости позволяют найти консенсус и на его основе урегулировать ПС по обмену ресурсами посредством автоматической системы.

Функционированию АПК может быть поставлен в соответствие кортеж вида:

$$\langle HF, UF, \varepsilon, SH, Q \rangle,$$

где HF – множество вредных функций, UF – множество полезных функций, ε – множество режимов использования, SH – множество акторов, Q – множество критериев оценивания функциональной пригодности.

При одних и тех же режимах использования АПК содержание кортежа может оказаться различным у разных акторов. Число полезных и вредных функций, реализуемых системой, зависит, во-первых, от требований акторов, во-вторых, от режима использования изделия.

В разных режимах использования ε_k ($k = \overline{1; K}$) может реализовываться с точки зрения акторов различное число полезных и вредных функций. При этом отнесение одной и той же функции к классу «полезных» либо «вредных» зависит от режима использования и ценностных установок акторов. Полное множество функций F_Σ , которое изделие может реализовать во всех режимах, можно определить как

$$F_\Sigma = \bigcup_{k=1}^K \{F^{(\varepsilon_k)}\}.$$

Здесь $\{F^{(\varepsilon_k)}\}$ – множество функций, реализуемых изделием в режиме ε_k , т.е. F_Σ определяет границы качества АПК в рамках функционального подхода [7].

Пронумеровав элементы множества F_Σ , каждому режиму ε_k с учётом ценностных установок m -го актора ($m = \overline{1; M}$), можно поставить в соответствие вектор вида:

$$(1) \quad L = (1, 0, -1, \dots, 0, \dots, 1).$$

Число компонент вектора L совпадает с мощностью множества F_Σ . Компоненты вектора имеют следующий смысл: «1» - функция реализуется в объёме, оговоренном в техническом задании (т.е. в объёме, соответствующем базовому изделию), и является для m -го актора полезной; «0» - функция не реализуется; «-1» - функция реализуется в объёме, определённом в техническом задании, и с точки зрения m -го актора является вредной.

Множеству режимов использования изделия $\{\varepsilon_k\}_1^K$; множеству акторов $\{m\}_1^M$, множеству функций F_Σ с учётом (1) можно поставить в соответствие многомерную модель, представленную на рисунке 1.

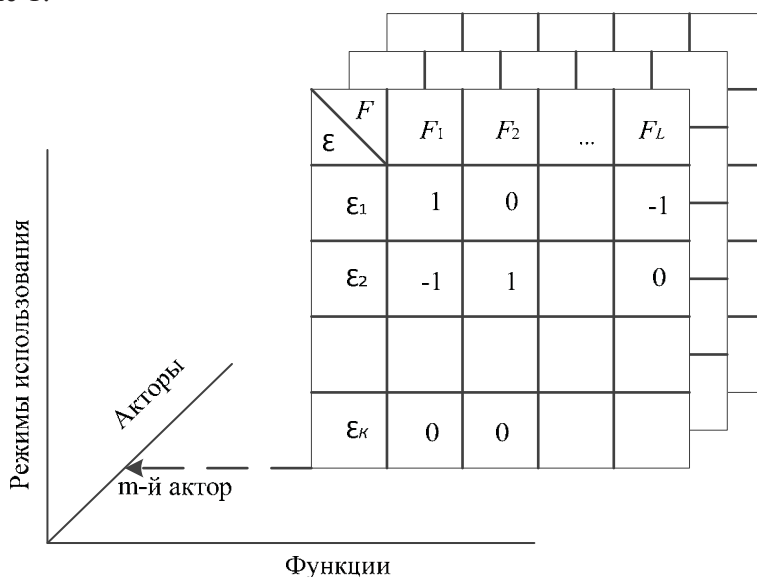


Рисунок 1 – Многомерное представление эталонных моделей

Представление (1) для реального изделия имеет вид

$$(\alpha_1^{(\varepsilon_k)(m)}, \alpha_2^{(\varepsilon_k)(m)}, \dots, \alpha_L^{(\varepsilon_k)(m)}),$$

где $\alpha_l^{(\varepsilon_k)(m)}$ – показатель (вес), характеризующий полноту реализации l -й функции относительно функции, реализуемой базовым образцом в режиме ε_k с точки зрения m -го актора, $\alpha_l^{(\varepsilon_k)(m)} \in [-1; \infty)$. Заметим, что показатель $\alpha_l^{(\varepsilon_k)(m)}$ может отличаться от эталонного значения как в большую, так и в меньшую сторону.

Отклонение в меньшую сторону свидетельствует о наличии дефектов, возникающих при переводе базовых требований в программные продукты и конфигурацию АПК. Нижняя граница $\alpha_l^{(\varepsilon_k)(m)}$ подчёркивает то обстоятельство, что наличие непреднамеренного дефекта может сделать «полезную» функцию «вредной» (например, вместо вывода космического корабля на заданную орбиту, уничтожит его при взлете [22]). Отклонения в большую сторону соответствуют наличию функциональных возможностей, превышающих потребности пользователей, иными словами, свидетельствуют о наличии организационных дефектов программного проекта: бюджет проекта тратится на то, чего заказчик не требует. Вопрос о наличии в программных продуктах излишних функциональных возможностей как признака низкого качества управления обсуждается, например, в [12].

В качестве метрической характеристики отклонения функциональных свойств реального изделия от свойств эталонного изделия может выступать, например, длина вектора

$$(2) \quad d^{(\varepsilon_k)(m)} = \frac{\sqrt{\sum_{l=1}^L (\mathcal{E}_l^{(\varepsilon_k)(m)} - \alpha_l^{(\varepsilon_k)(m)})^2}}{L},$$

где $\mathcal{E}_l^{(\varepsilon_k)(m)}$ – эталонное значение l -й компоненты (рисунок 1), $\alpha_l^{(\varepsilon_k)(m)} \in [-1; \infty)$.

Увеличение показателя $d^{(\varepsilon)(m)}$ свидетельствует о том, что в целом возможности реально-го изделия сильнее отклоняются от эталонного.

Для модели (2) проблемным является вопрос об идентификации количественных характеристик $\alpha^{(\varepsilon_k)(m)}$.

Полагая, что функциональные возможности АПК для M -й целевой группы акторов в одинаковой степени важны в разных режимах использования, на основе (2) может быть построена совокупность графических моделей, иллюстрирующих влияние разных дефектов на качество функционирования изделий с точки зрения разных групп акторов в разных временных срезах (рисунок 2).

Этими моделями подчёркивается то обстоятельство, что отношения одного и того же актора к одним и тем же дефектам, проявляющимся в разных режимах функционирования, может изменяться во времени, что может быть обусловлено, например, изменением персональной онтологии актора в результате обучения.

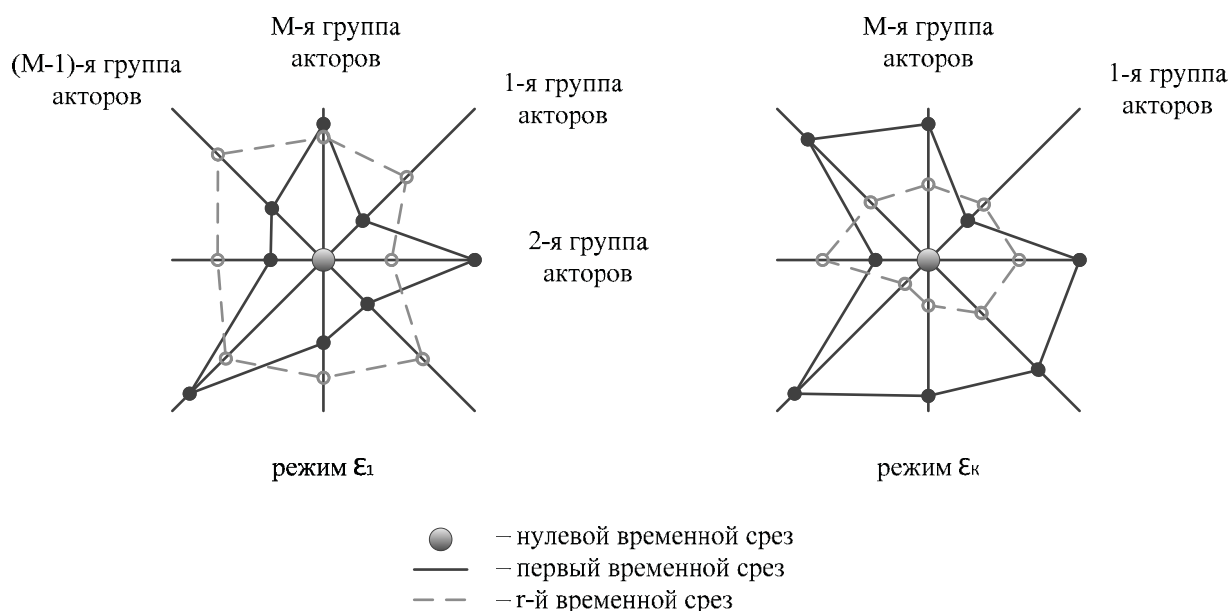


Рисунок 2 – Отклонение от эталонного поведения изделия, обусловленное проявлением совокупности дефектов

4 Оценка функциональной пригодности изделий по совокупности оценок акторов

При создании линейки программных продуктов одним из способов повышения качества информационного обеспечения проектных решений на ранней стадии проектирования составляет изучение мнений пользователей о потребительских свойствах существующих версий этих продуктов. Анализ результатов подконтрольной эксплуатации АПК создаёт основу для изменения конфигурации программных компонентов путём исключения из состава системы функций, не соответствующих реальным потребностям акторов. Исключение невостребованных функций означает устранение фундаментальных дефектов, приводящих к наличию у изделий свойств, малозначительных с точки зрения акторов.

Основу фундаментальной процедуры выявления свойств, не представляющих ценности с точки зрения акторов, может составить технология, основанная на использовании функции принадлежности, описанная в [23].

Преобразуем куб матриц, представленный на рисунке 1, к виду, представленному на рисунке 3.

Сформируем набор значений лингвистической шкалы: «ненужная функция», «функция, ценность которой сомнительна», «необходимая функция». Поставим этим лингвистическим переменным, например, следующие значения балльной шкалы востребованности функций:

- ненужная функция – диапазон от 0 до 3 баллов;
- функция, ценность которой сомнительна – диапазон от 2 до 8 баллов;
- необходимая функция – диапазон от 7 до 10 баллов.

Каждому q -му значению предлагаемой шкалы присваивается своя нечёткая функция принадлежности μ_q , определяемая на балльной оси. Положение максимума q -й функции принадлежности является его опорным значением r_q . В случае, если максимальному значению соответствует подынтервал балльной шкалы, опорным значением является середина подынтервала. Для описанной выше лингвистической шкалы предлагаются функции принадлежности, представленные на рисунке 4.

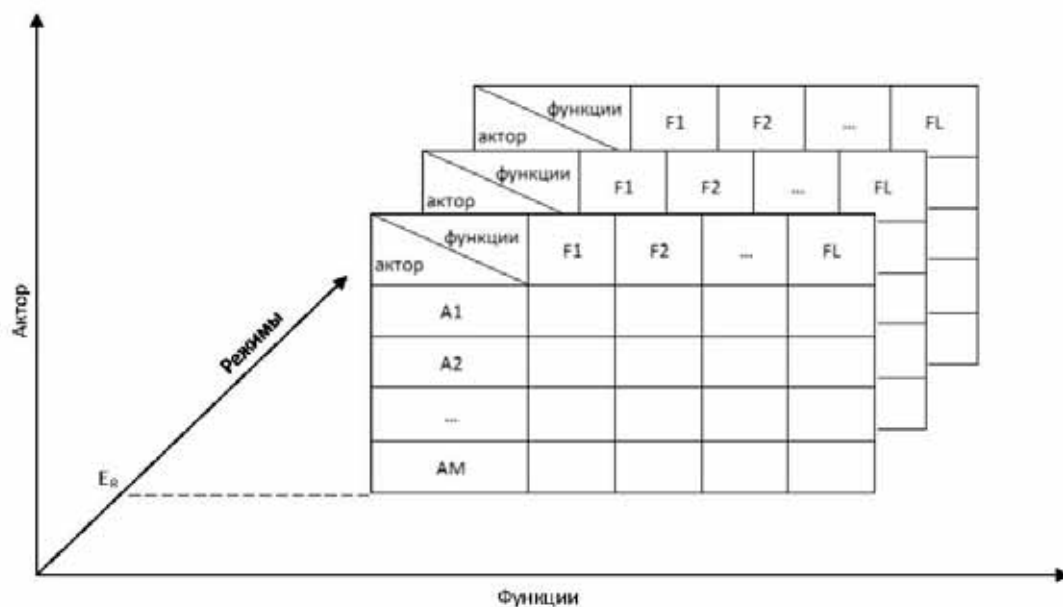


Рисунок 3 – Преобразованный куб матриц

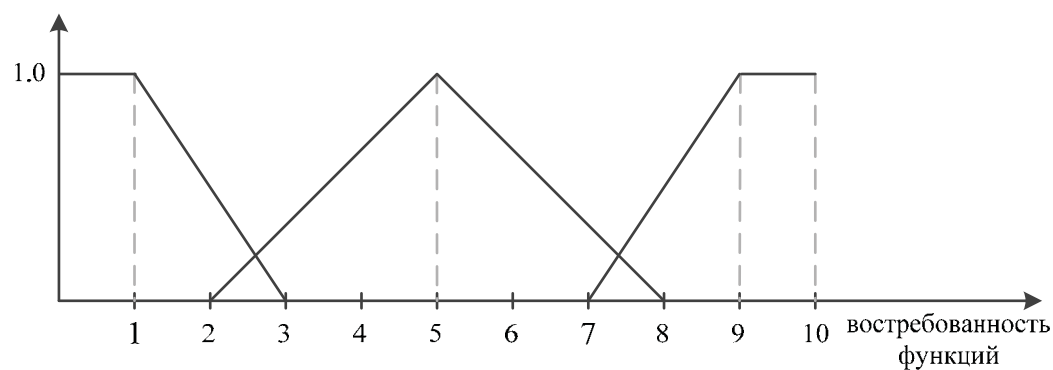


Рисунок 4 – Функция принадлежности лингвистической шкалы

В терминах лингвистической шкалы m -й актер ($m = \overline{1; M}$) выражает свое мнение о целесообразности включения l -й функции ($l = \overline{1; L}$) в набор функций, реализуемых базовым образцом в k -м режиме использования объекта ε_k ($k = \overline{1; K}$). Помимо этого, актер указывает степень уверенности своего заключения, выраженного числом $\mu_l \in [0, 1]$. В расчёт принимаются лишь полезные/вредные функции, т.е. такие, которым в модели базового образца в k -й строке ставятся в соответствие значения «+1», «-1».

Для каждого из режимов ε_k с учётом оценки качества реализации l -й функции с точки зрения m -го актора рассчитывается скалярная величина, дающая совокупную оценку значимости дефектов [25]:

$$(3) \quad Z^{(k)(m)} = \frac{\sum_{l=1}^{L_k^{*(k),(m)}} r_l^{(m)} \mu_l^{(k),(m)}}{\sum_{l=1}^{L_k^{*(k),(m)}} \mu_l^{(k),(m)}},$$

где $L_k^{*(k),(m)}$ – число ненулевых ячеек в k -й строке m -й матрицы; $r_l^{(m)}$ – опорное значение, соответствующее лингвистической оценке l -й функции, данной m -ым актором по результатам подконтрольной эксплуатации.

Пример. Предположим, разработано ГИС-приложение для информационной поддержки управления прохождением паводковой ситуации на ограниченной территории, позволяющее моделировать зоны затопления с учётом уровня воды на постах контроля. По результатам использования данного приложения производится опрос пользователей (акторов), целью которого является выяснение их удовлетворенности свойствами ГИС-приложения. Набор значений лингвистической шкалы и функция принадлежности аналогичны приведённым на рисунке 4. Предположим, в k -м режиме приложением реализуются две функции, т.е. $L_k^{*(k),(m)} = 2$. Актер оценивает результаты реализации функций следующим образом:

F_1 : {“необходимая функция”; $\mu_1 = 0,8$ }

F_2 : {“ненужная функция”; $\mu_2 = 0,7$ }

Опорное значение для лингвистической переменной «необходимая функция» составляет $r_1 = 9,5$ балла. Опорное значение для лингвистической переменной «ненужная функция» составляет $r_2 = 0,5$ баллов. Согласно (3)

$$Z^{(k)(m)} = \frac{9,5 \cdot 0,8 + 0,5 \cdot 0,7}{0,8 + 0,7} = 5,3.$$

Ближайшее к числу 5,3 опорное значение равно пяти, чему соответствует лингвистическая переменная «функция, ценность которой сомнительна». Для $Z^{(k)(m)} = 5,3$ значение функции принадлежности $\mu_l^{(k),(m)}$ практически равно единице. Таким образом, по совокупности результатов эксплуатации m -й актер оценивает функционирование ГИС-приложения как «функция, ценность которой сомнительна» со 100% уверенностью.

Полученные результаты позволяют заключить, что в целом приложение представляет для пользователя интерес, однако, одна из функций либо требует серьезной доработки, либо эти функции следует исключить из приложения.

Заключение

По данным отчётов Standish Group [12, 24] и др., потребительские свойства АПК, создаваемых в рамках действующей системы стандартов, руководств и рекомендаций, в неполной мере соответствуют требованиям и ожиданиям пользователей СОД.

Перспективным подходом к уменьшению количества фундаментальных дефектов, соответствующих стадии формирования внешнего облика АПК, является принятие в качестве методической основы положений теории интересубъективного управления. Использование положений теории интересубъективного управления обеспечивает возможность формирования консолидированных решений, основанных на консенсусе неоднородных акторов о потребительских свойствах СОД.

Предложенные модели позволяют формализовать некоторые процедуры формирования внешнего облика АПК с учётом мнений разных акторов. Использование предлагаемых моделей позволяет получать сопоставимые оценки альтернатив внешнего облика АПК на ранних стадиях проектирования.

Благодарности

Работа поддержана грантами РФФИ 16-08-00442 «Управление функциональной безопасностью аппаратно-программных комплексов в составе сложных технических систем», 15-08-01758 «Методологические и методические основы анализа техногенной безопасности в условиях неопределённости состояния объектов управления».

Список источников

- [1] *Марков, А.С.* Систематика уязвимостей и дефектов безопасности программных ресурсов / А.С. Марков, А.А. Фадин // Защита информации INSIDE. - 2013. - №3. - С. 2-7.
- [2] *Бородакий, Ю.В.* Проблема имитационного моделирования дефектоскопических свойств компьютерной инфосферы / Ю.В. Бородакий, Р.М. Юсупов, Б.П. Пальчун // Труды 3-й всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика». - СПб, 2007. - С. 87-92.
- [3] *Chai, K.H.* A TRIZ-Based Method for New Service Design. National University of Singapore / K.H. Chai, J. Zhang, K.Ch. Tan // Journal of Service Research. - 2005. - V. 8, No. 1. - P. 48-66.
- [4] *Гвоздев, В.Е.* Онтологический анализ дефектов при проектировании компонентов аппаратно-программных комплексов / В.Е. Гвоздев, Д.В. Блинова // Онтология проектирования. - 2015. - Т. 5, №4(18). - С. 399-410. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-399-410.
- [5] *Липаев, В.В.* Функциональная безопасность программных средств / В.В. Липаев. - М.: СИНТЕГ, 2004. - 348 с.
- [6] ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 – Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем.
- [7] *Чекмарев, А.И.* Квалиметрия и управление качеством. Часть 1. Квалиметрия: Учеб. пособие / А.И. Чекмарев. – Самара: СГАУ, 2010. – 172 с.
- [8] *Черкесов, Г.Н.* Надежность аппаратно-программных комплексов: Учеб. пособие / Г.Н. Черкесов. – СПб.: Питер, 2005. – 479 с.
- [9] *Виттих, В.А.* Принципы управления процессом рождения инновационных идей / В.А. Виттих, Д.В. Горбунов, Т.В. Моисеева, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII Международной конф. (22-25 июня 2015 г., Самара, Россия). – Самара: СамНЦ РАН, 2015. – С. 202-214.
- [10] *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. - 2013. - №4(10). - С. 42-52.
- [11] *Александровская, Л.Н.* Безопасность и надежность технических систем: Учеб. пособие / Л.Н. Александровская, И.З. Аронов, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов, Н.Н. Патраков, А.М. Шолом. – М.: Университетская книга, Логос, 2004. – 376 с.

- [12] CHAOS MANIFESTO 2014: Value versus Success & The Orthogonals. – The Standish Group International, Inc.- <https://henryportman.files.wordpress.com/2016/02/chaos-manifesto-2014.pdf> (Дата обращения 25.10.16).
- [13] **Bumtux, B.A.** Ситуационное управление с позиций постнеклассической науки / В.А. Виттих // Онтология проектирования. - 2012. - №2(4). – С. 7-15.
- [14] **Bumtux, B.A.** Организация сложных систем. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2010. – 66 с.
- [15] ESA PSS-05-3 Guide to the Software Requirements Definition Phase, March 1995.
- [16] IEEE STD 830 Recommended Practice for Software Requirements Specifications, 1998.
- [17] **Майерс, Г.** Надежность программного обеспечения. – М.: Мир, 1980. – 360 с.
- [18] **Bumtux, B.A.** Неоднородный актор и повседневность как ключевые понятия эвргетики / В.А. Виттих. – Самара: ИПУСС РАН, 2014. – 12 с.
- [19] ESA PSS-05-0 European Space Agency software engineering standards, February 1991.
- [20] **Rzevski, G.** Self-Management in the Emerging Global Society / G. Rzevski // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII Международной конференции (22-25 июня 2015 г., Самара, Россия). – Самара: СамНЦ РАН, 2015. – С. 3-9.
- [21] **Гвоздев, В.Е.** Элементы теории управления непреднамеренными дефектами в информационно-коммуникационных системах / В.Е. Гвоздев, Д.В. Блинова // Системная инженерия. - 2015. – №2. - С. 104-113.
- [22] **Nuseibeh, B.** Ariane 5: Who Dunnit? / B. Nuseibeh // IEEE Software. - 1997. – Vol. 14, Issue 3. - P. 15-16.
- [23] **Pelaez, C.E.** Using fuzzy cognitive maps as a system model for failure modes and effects analysis / C.E. Pelaez, J.B. Bowles // Information Sciences. – 1996. - Vol. 88(1). - P. 177-199.
- [24] CHAOS Manifesto 2011: The Laws of CHAOS and the CHAOS 100 Best PM Practices. – The Standish Group International, Inc. - <http://immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/GENREF/S110415C.pdf> (Дата обращения 05.12.2015).
-

PREVENTION OF DEFECTS ON THE EARLY STAGES OF DESIGNING HARDWARE-SOFTWARE COMPLEXES ON THE BASIS OF THE POSITIONS OF THE THEORY OF INTERSUBJECTIVE MANAGEMENT

V.E. Gvozdev¹, D.V. Blinova², L.R. Chernyakhovskaya³

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

¹wega55@mail.ru, ²blinova.darya@gmail.com, ³lrchern@yandex.ru

Abstract

This article discusses the actor's role in the appointment of the functional properties of the base and gauge samples of hardware-software complexes. The features of formation of external appearance of the hardware-software complex from position of the provisions of intersubjective management theory are considered. The concepts of "harmful" and "useful" functions of hardware-software complexes based on the different actors point of view are given. It is proposed vector representation of the functional properties of the base samples, it is shown a multidimensional model that analyzes the properties of the hardware-software complexes with due regard for use of different modes and different actor's opinions. An approach is proposed for the evaluation of the degree of deviation the properties of hardware-software complexes from basic and functional suitability of hardware-software complexes, taking into account the aggregate of actors estimates.

Key words: intersubjective management, designing, function safety, defect of hardware-software complex, actor, function of accessory.

Citation: Gvozdev VE, Blinova DV, Chernyakhovskaya LR. Hardware-software complexes on the basis of the positions of the theory of intersubjective management. *Ontology of Designing*. 2016; 6(4): 452-464. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-452-464.

Acknowledgment

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research № 16-08-00442 "Management of functional safety software and hardware in complex technical systems", 15-08-01758 «Methodological and methodical bases of technogenic safety analysis under uncertainty facilities management state».

References

- [1] **Markov AS, Fadin AA.** Taxonomy vulnerabilities and defects of software safety [In Russian]. Information protection INSIDE, 2013; 3: 2-7.
- [2] **Borodakij YuV, Yusupov RM, Palchun BP.** Problem of imitation modelling of computing infosphere defectoscopy features [In Russian]. Proc. of the 3rd Russian conf. "Imitation modelling. Theory and Practice" St. Petersburg, 2007: 87-92.
- [3] **Chai KH, Zhang J, Tan KC.** A TRIZ-Based Method for New Service Design. National University of Singapore, Journal of Service Research, 2005; 8(1): 48-66.
- [4] **Gvozdev VE, Blinova DV.** Ontological analysis of defects at the designing of hardware-software complexes [In Russian]. Ontology of Designing, 2015; 5(4): 399-410. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-399-410.
- [5] **Lipaev VV.** Functional security of software [In Russian]. – Moscow: SINTEG, 2005.
- [6] ISO/IEC 15288:2002 System engineering – System life cycle processes.
- [7] **Chekmarev AI.** Qualimetry and quality management. Part 1. Qualimetry: Textbook [In Russian]. – Samara: SSAU, 2010.
- [8] **Cherkesov GN.** The reliability of hardware and software systems: Textbook [In Russian]. – St. Petersburg: Piter, 2005.
- [9] **Vittikh VA, Gorbunov DV, Moiseeva TV, Smirnov SV.** The principals of managing of the process of innovative ideas birth [In Russian]. Proc. of the XVII Int. Conf. "Complex Systems: Control and Modeling Problems" (Samara, Russia, 2015, June 22-25). Samara: Scientific Center of RAS; 2015: 202-214.
- [10] **Chernyahovskaya LR, Malahova AI.** Development of Intellectual Decision Support Models and Methods Based on Ontology of Software Projects Organization Management [In Russian]. Ontology of Designing, 2013; 3(4): 42-52.
- [11] **Aleksandrovskaia LN, Aronov IZ, Kruglov VI, Kuznetsov AG, Patrakov NN, Sholom AM.** Safety and reliability of technical systems: Textbook [In Russian]. – Moscow: University book, Logos, 2004.
- [12] CHAOS MANIFESTO 2014: Value versus Success & The Orthogonals. – The Standish Group International, Inc. - <https://hennyportman.files.wordpress.com/2016/02/chaos-manifesto-2014.pdf>
- [13] **Vittikh VA.** Situational management from the position of postneoclassic science [In Russian]. Ontology of Designing, 2012; 2(2): 7-15.
- [14] **Vittikh VA.** Organization of complex-systems [In Russian]. – Samara: Scientific Center of RAS, 2010.
- [15] ESA PSS-05-3 Guide to the Software Requirements Definition Phase, March 1995.
- [16] IEEE STD 830 Recommended Practice for Software Requirements Specifications, 1998.
- [17] **Myers GJ.** Software reliability: Principles and practices. New York: Wiley, 1976.
- [18] **Vittikh VA.** Heterogeneous actor and everyday life as the key concepts of evergetics [In Russian]. – Samara: Institute of Control Science of Complex Systems of RAS, 2014.
- [19] ESA PSS-05-0 European Space Agency software engineering standards, February 1991.
- [20] **Rzevski G.** Self-Management in the Emerging Global Society. Proc. of the XVII Int. Conf. "Complex Systems: Control and Modeling Problems" (Samara, Russia, 2015, June 22-25). Samara: Scientific Center of RAS; 2015: 3-9.
- [21] **Gvozdev VE, Blinova DV.** Elements of the management theory inadvertent defects in information and communication systems [In Russian]. System Engineering, 2015; 2: 104-113.
- [22] **Nuseibeh B.** Ariane 5: Who Dunit? IEEE Software, 1997; 14(3): 15-16.
- [23] **Pelaez CE, Bowles JB.** Using fuzzy cognitive maps as a system model for failure modes and effects analysis. Information Sciences, 1996; 88(1): 177-199.
- [24] CHAOS Manifesto 2011: The Laws of CHAOS and the CHAOS 100 Best PM Practices. – The Standish Group International, Inc. - <http://immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/GENREF/S110415C.pdf> (Дата обращения 05.12.2015).

Сведения об авторах



Гвоздев Владимир Ефимович, 1955 г. рождения. Окончил Уфимский авиационный институт в 1978 г., д.т.н. (2000), профессор. Заведующий кафедрой технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов более 150 работ, в том числе монография и учебные пособия по проектированию и реализации программных продуктов и проектов. Проводит исследования в области открытых информационных систем, прикладной статистики, теории надёжности, контроля и управления состоянием окружающей среды, управления программными продуктами, функциональной безопасности.

Gvozdev Vladimir Efimovich (b. 1955) graduated from the Ufa Aviation Institute in 1978, D. Sc. Eng. (2000), prof. He is Head of Technical Cybernetic Department at Ufa State Aviation Technical University. He is co-author of more than 150 publications in the field of design and

production of program products and projects, open information systems, applied statistic, theory of reliability, monitoring and management of environmental condition, function safety.



Блинова Дарья Викторовна, 1984 г. рождения. Окончила Уфимский государственный авиационный технический университет в 2006 г., к.т.н. (2009). Доцент кафедры технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета. Проводит исследования в области прикладной статистики, управления природно-техническими системами, функциональной безопасности, дефектологии компонентов аппаратно-программных комплексов.

Blinova Darya Viktorovna (b. 1984) graduated from the Ufa State Aviation Technical University in 2006, PhD (2010). She is Assistant Professor at Ufa State Aviation Technical University (Department of Technical Cybernetic). She conducts research in the field of applied statistic, management of natural and technical systems, function safety, defectology of hardware-software complexes components.



Черняховская Лилия Рашитовна, 1947 г. рождения. Окончила Уфимский авиационный институт в 1970 г., д.т.н. (2004). Профессор кафедры технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов около 150 работ в области системного анализа, интеллектуальных информационных систем и систем поддержки принятия решений.

Chernyakhovskaya Liliya Rashitovna (b. 1947) graduated from the Ufa Aviation Institute in 1970, Dr. of Tech. Sci. (2004). Professor of Ufa State Aviation Technical University (Technical cybernetics department). Co-author of about 150 publications in the field of system analysis, intellectual information systems and decision support systems.

УДК 004.682

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ

А.Г. Олейник¹, П.А. Ломов²

*Институт информатики и математического моделирования технологических процессов
Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Мурманская область, Россия*

¹oleynik@iimm.ru, ²lomov@iimm.ru

Аннотация

В статье описывается продолжение исследований, направленных на формирование интегрированного пространства знаний для информационно-аналитической поддержки научных исследований и разработок по различным направлениям деятельности научного центра. Данная работа посвящена рассмотрению принципов построения и использования онтологической модели интегрированного пространства знаний (онтологии ИПЗ) различных научных областей. Данная онтология используется в качестве базиса для создания конкретных онтологий, создающихся и/или поддерживающихся отдельными исследовательскими учреждениями или научными коллективами. В статье представлена её реализация в виде системы онтологических паттернов содержания (Ontology Content Design Patterns), которые представляют собой небольшие целостные фрагменты онтологии, формализующие обобщённые ситуации предметной области (например, участие в событии, исполнении роли, наличие частей у объекта и др.). Паттерны содержания используются в качестве строительных блоков при разработке онтологий. Рассматривается общая система паттернов онтологии, а также описан общий принцип их применения для представления знаний. Приведены основные преимущества предлагаемого подхода к разработке онтологии ИПЗ, которые заключаются в упрощении её использования и обеспечении качества онтологического описания предметных знаний в разрабатываемых на её основе онтологиях за счёт повторного использования проверенных решений, представленных содержащимися в ней паттернами.

Ключевые слова: онтология, онтологические паттерны, онтологический инжиниринг.

Цитирование: Олейник, А.Г. Разработка онтологии интегрированного пространства знаний / А.Г. Олейник, П.А. Ломов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 465-474. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-465-474.

Введение

Выработка системных решений в сфере управления сложными территориально распределенными системами требует совместного использования знаний и данных различных научных областей. Современные информационные технологии предоставляют мощные инструменты автоматизированной интеграции и обработки, как данных, так и декларативных знаний, представленных в «компьютерном» виде. Однако серьёзной проблемой интеграции разнородных декларативных знаний является устранение концептуальной и терминологической неоднозначности при формировании их «компьютерного» представления. Эта проблема обусловлена тем, что эксперты, как правило, формулируют своё видение исследуемой системы и решаемых задач в некотором поле основных понятий, присущих их предметной области (ПрО). При этом возникает терминологическая несогласованность, а порой и понятийная противоречивость элементов формируемой модели. Противоречивость представляемых знаний может быть обусловлена и наличием альтернативных взглядов на свойства системы у экспертов одной ПрО.

В качестве одного из вариантов решения указанной проблемы разработана технология концептуального моделирования на основе функционально-целевого подхода [1]. Данная технология ориентирована на поддержку начальных этапов организации вычислительного эксперимента по исследованию сложных систем. Технология обеспечивает формирование взаимосвязанных формальных схем декларативных моделей, описывающих моделируемую ПрО, решаемые в рамках данной ПрО задачи и используемые для решения этих задач программно-аппаратные средства и данные. В рамках технологии реализованы алгоритмы автоматизированного анализа структуры и разрешимости концептуальных моделей различной структуры, предложены методы синтеза исполнительных сред реализации проблемно-ориентированных вычислительных экспериментов на основе концептуальных моделей.

В последние десятилетия для структурирования, формализации и унификации представления знаний с целью их многократного и гибкого использования в информационных системах применяются онтологии. Как отмечается, в частности, в работе [2], термин *онтология* впервые появился в работе Томаса Грубера [3], в которой рассматривались различные аспекты взаимодействия интеллектуальных систем между собой и с человеком. В настоящее время под онтологией понимается описание декларативных знаний, сделанное на формальном языке и снабжённое некоторой классификацией специфицируемых знаний, позволяющей человеку удобно воспринимать их [2]. В качестве языка для описания онтологий наибольшую популярность, благодаря наличию богатых выразительных возможностей и вместе с тем формальной разрешимости, получил язык веб-онтологий OWL (Ontology Web Language). Предложенный и развиваемый консорциумом W3C OWL на сегодняшний день является де-факто стандартом описания онтологий для их использования в Интернет.

Использование общих принципов формализации и языка описания онтологий позволяет существенно упростить решение задачи обеспечения технической interoperability информационных систем, работающих с онтологиями. В работе [4] был предложен гибридный вариант организации на основе онтологий архитектуры интегрированного пространства знаний (ИПЗ) мультидисциплинарного научного центра. Такое решение предполагает создание на общей основе отдельных репозиториев научных знаний различных научных областей, каждый из которых поддерживается независимо, и их последующее связывание. Однако проблема семантической interoperability, то есть одинаковой интерпретации информационных объектов интегрируемыми системами, остаётся до конца не решённой.

Снизить семантическую разнородность онтологий можно на этапе их разработки, если изначально ориентироваться на их использование в информационных системах, функционирующих в рамках ИПЗ. Следует отметить, что при этом процесс проектирования будет усложняться необходимостью априорного согласования вновь вводимых в некоторую онтологию знаний с уже представленными в онтологиях ИПЗ знаниями. Причём согласование будет требоваться на всех уровнях – от концептуализации понятий описываемой ПрО, реализуемой соответствующим экспертом, до использования программистами принятого в рамках информационного пространства единого протокола обмена сообщениями. Общими для всех онтологий ИПЗ должны быть приёмы моделирования и правила описания понятий, используемые специалистами по онтологическому инжинирингу при формализации вводимых в онтологии ИПЗ понятий. Для упрощения разработки и оперирования прикладными онтологиями, ориентированными на использование в рамках ИПЗ, в работе [5] предлагается рассматривать их как совокупность реализаций онтологических паттернов содержания (Ontology Content Design Patterns, CDP) [6]. Это позволяет экспертам ПрО при формировании онтологии и обращении к ней работать не со специфическими языковыми конструкциями (аксиомами OWL, триплетами RDF), а их комбинациями, имеющими описание своего назначения и способов применения.

В настоящей работе представлена онтологическая модель ИПЗ (онтология ИПЗ), реализуемая в виде системы онтологических паттернов содержания. Авторы полагают, что применение предлагаемого подхода к разработке онтологии позволит не только упростить работу с ней, но и обеспечить качество онтологического описания за счёт повторного использования проверенных решений, представленных включенными в онтологию паттернами.

1 Общая структура онтологии ИПЗ

Онтология ИПЗ [7] предназначена для интеграции и целостного представления знаний, накопленных в различных научных областях. Как правило, связующим звеном представляемых в ней гетерогенных знаний является общность объекта исследований, который является большой и сложной системой. Разработанная онтология ИПЗ состоит из нескольких модулей, определённых в соответствии с уровнем абстракции их понятий и функционального назначения их содержимого. Каждый модуль представляет собой файл, содержащий отдельную онтологию, описанную с помощью языка веб-онтологий OWL. Таким образом, онтология ИПЗ образуется путём импорта данных модулей (рисунок 1).

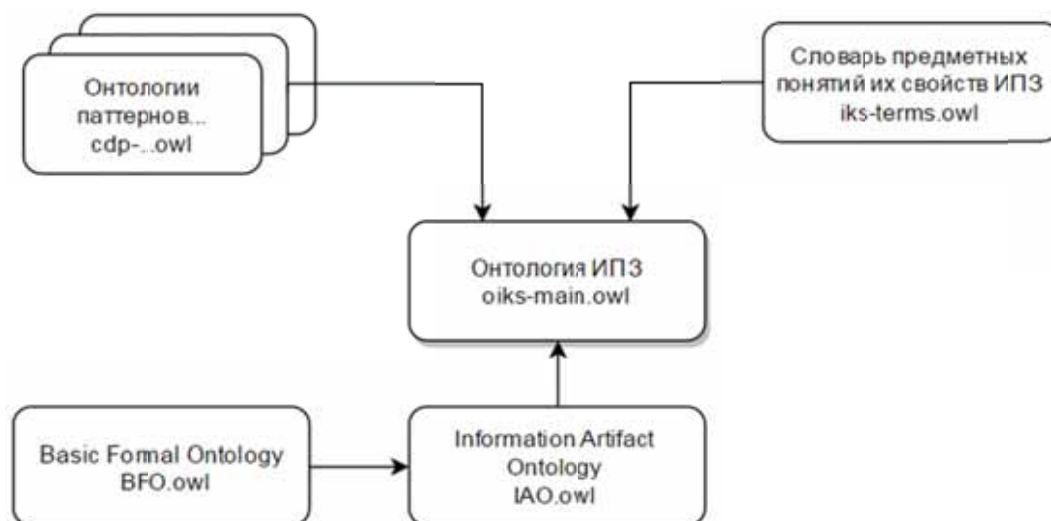


Рисунок 1 - Модульная структура онтологии ИПЗ

В качестве основы использована онтология информационных артефактов (Information Artifact Ontology, IAO) [8]. Она в свою очередь является расширением одной из распространённых онтологий верхнего уровня - базовой формальной онтологии (Basic Formal Ontology, BFO) [9].

Элементы из онтологии BFO используются для описания абстрактных инвариантных к ПрО объектов, процессов и явлений. Элементы IAO направлены на представление процессов получения информации, их участников, а также информационных источников и носителей. При этом они не только образуют понятийную систему, но и включают в себе правильные с точки зрения онтологии IAO приёмы представления знаний ПрО. Однако, как это было отмечено в работе [5], изучение таких концепций пользователем онтологии может потребовать серьёзных затрат труда и времени. Поэтому было принято решение выделить целостные фрагменты понятийной системы IAO, представляющие концепты, расширить их с учётом типовой организации научной деятельности в РФ и задач применения онтологии ИПЗ и локализовать их в виде отдельных онтологических паттернов содержания. Каждый такой пат-

терн представляется в виде мини-онтологии в отдельном файле и решает одну задачу онтологического моделирования, при этом в нём используются понятия и отношения из ИАО.

Помимо этого, в онтологии ИПЗ был выделен модуль, хранящий словарь конкретных понятий и отношений. Его главной задачей является представление некоторого описания понятия или отношения на естественном языке.

Таким образом, общий принцип представления знаний в онтологии ИПЗ включает следующие шаги:

- создание соответствующих классов и/или отношений, с описывающими их текстовыми метками (лейблами) и комментариями в онтологии-словаре;
- подбор подходящего паттерна содержания;
- специализация выбранного паттерна, которая состоит в определении отношений наследования между его элементами и элементами из онтологии-словаря.

2 Используемые паттерны содержания онтологии ИПЗ

Рассмотрим основные паттерны содержания, применяемые для структурирования и представления информации о научных исследованиях в рамках интегрированного пространства знаний. Общая схема разработанных паттернов представлена на рисунке 2.

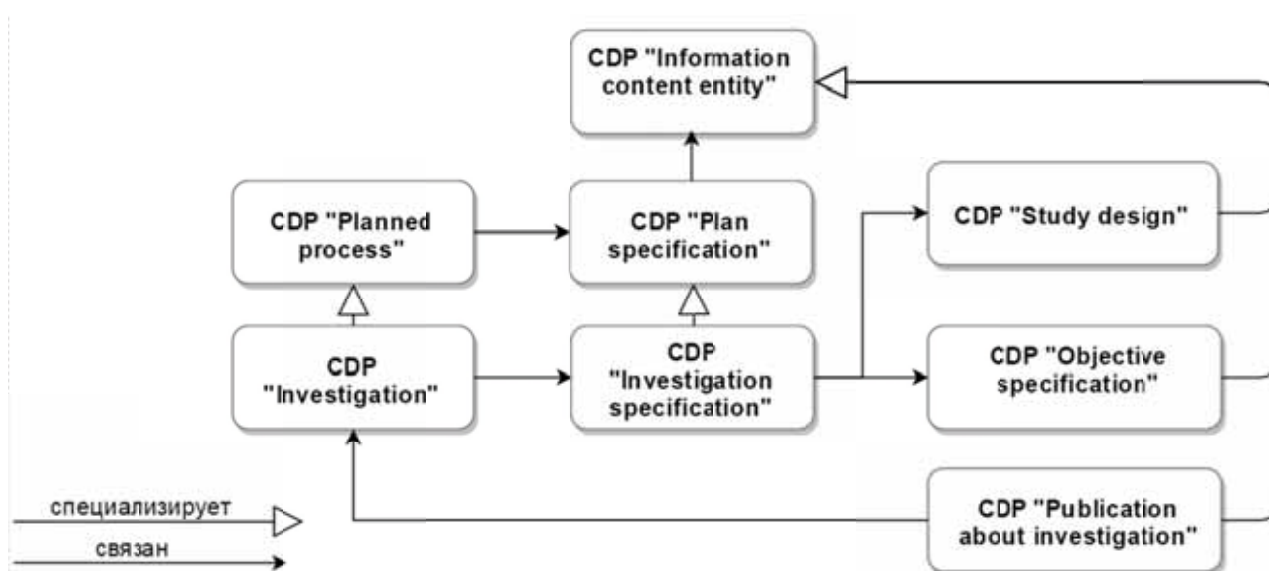


Рисунок 2 - Система паттернов содержания онтологии ИПЗ

Отношение «специализирует» (specialization) между паттернами означает, что один из классов или одно из свойств в одном паттерне является подклассом или подсвойством некоторого класса или свойства другого. При этом в остальном паттерны идентичны. Отношение «связан» (related) между паттернами означает, если они имеют некоторые общие классы или наследуют некоторые классы друг друга. В остальном паттерны могут различаться [10].

К базовым паттернам содержания, которые выступают основой для других, ориентированных на непосредственное применение пользователями, относятся «Информационная сущность» (Information content entity) и «Планируемый процесс» (Planned process). Данные паттерны целиком представляют собой фрагменты ИАО.

Паттерн «Информационная сущность» позволяет определить фрагмент информации, который описывает некоторый объект и должен быть представлен на одном или нескольких

материальных носителях информации. Таким образом, становится возможным отразить зависимость между информацией и её носителем, не отождествляя их.

Паттерн «Планируемый процесс» задаёт происходящий во времени процесс, который реализует некоторый план, задаваемый спецификацией плана. Спецификация плана представляет собой информационную сущность, которая включает в качестве частей описание цели процесса (или его этапов) и действий, обеспечивающих достижение этих целей.

На основе паттерна «Планируемый процесс» был разработан паттерн «Процесс исследования» (Investigation), а также связанный с ним паттерн «Спецификация исследования» (Investigation specification). Паттерн «Спецификация исследования» представляет собой некоторую концепцию исследования (цель исследования, объект, предмет, исполнители, метод), которая реализуется в реальном процессе исследования.

С целью возможной детализации частей спецификации исследования были разработаны паттерны «Метод исследования» (Study design) и «Спецификация целей» (Objective specification). Паттерн «Метод исследования» позволяет представить информацию о том, какие методы и как планируется применять в процессе исследования. Паттерн «Спецификация целей» позволяет указать распределение задач и ролей между участниками исследования.

Паттерн «Публикация об исследовании» позволяет отразить, какие результаты и кем были получены по завершению процесса исследования, а также факты их публикации в различных источниках.

3 Пример применения паттернов для представления знаний в онтологии ИПЗ

Рассмотрим применение разработанных паттернов на примере паттерна «Спецификация исследования». UML-схема его классов и отношений представлена на рисунке 3.

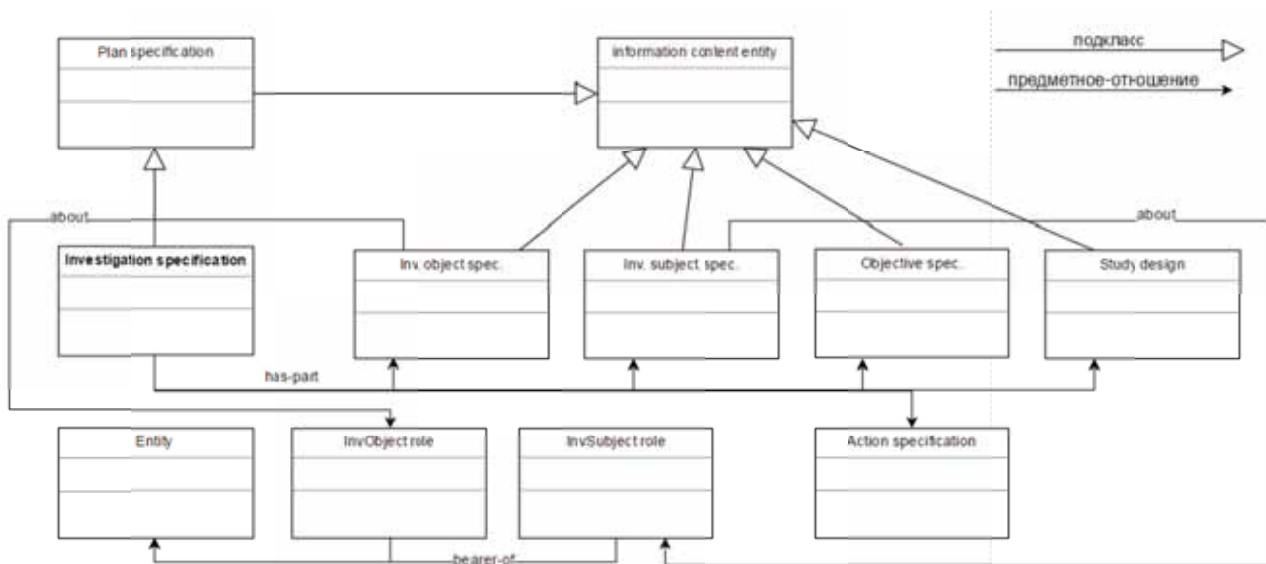


Рисунок 3 - UML схема паттерна содержания «Спецификация исследования»

Стрелками обозначены предметные отношения между понятиями паттерна. Отношение «about» связывает информационную сущность с объектом, который она описывает. Отношение «has-part» связывает некоторое понятие с его понятиями-частями. Отношение «bearer-of» соединяет понятие-роль с понятием, которое выступает носителем этой роли.

В соответствии с технологией экстремального проектирования онтологий (eXtreme Design methodology, XD) [11,12] для каждого паттерна определяется набор квалификацион-

ных вопросов. Они формулируются на естественном языке и указывают, какую информацию можно получить с помощью онтологии, в которой информация была представлена на основе данного паттерна.

Для паттерна «Спецификация исследования» были определены следующие квалификационные вопросы:

- Какой предмет в контексте данного объекта планировалось исследовать?
- Каковы цели/ход/метод исследования?
- Какие исследования планировались относительно данной сущности?
- В каких исследованиях планировалось применять данный метод/преследовать данную цель?

В целом данный паттерн позволяет определить части спецификации исследования: описание цели исследования (Objective specification), действий (Action specification), объекта (Investigation object specification) и предмета (Investigation subject specification) исследования и применяемого метода (Study design).

Применение данного паттерна заключается в создании экземпляров соответствующих классов в онтологии. Само содержание этих экземпляров задаётся некоторым текстом на естественном языке, который может соответствовать, например, некоторому разделу заявки на получение гранта, постановочной статьи. «Привязка» такого текстового фрагмента к экземпляру осуществляется путём указания значения его аннотационного свойства (OWL Annotation property) «Описание» (Description).

Пример использования данного паттерна приведён на рисунке 4.

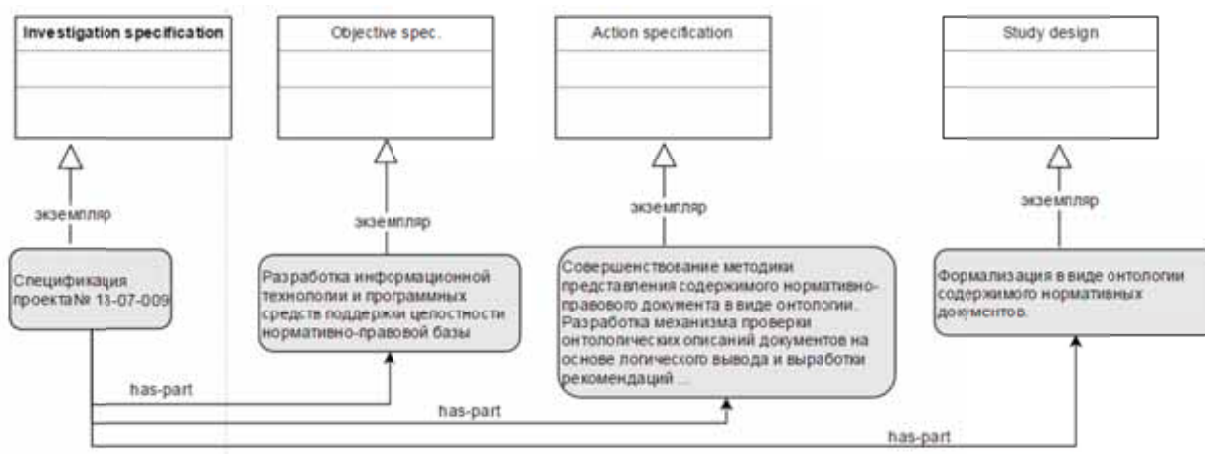


Рисунок 4 – Пример использования паттерна «Спецификация исследования»

На данном рисунке представлены экземпляры, содержащие информацию о некотором исследовании. При необходимости пользователь может далее детализировать спецификацию исследования за счёт использования паттернов «Метод исследования» (Study design) и «Спецификация целей» (Objective specification). Это позволит расширить множество квалификационных вопросов и тем самым позволит получить дополнительную информацию об исследовании.

Рассмотрим применение паттерна «Метод исследования» (Study design) для получения более детализированного описания спецификации исследования. Его схема представлена на рисунке 5.

Данный паттерн является специализацией паттерна содержания «Описание-Ситуация» (Description&Situation, DnS) [13]. Основу паттерна DnS составляют понятия ситуации (Situation) и описания (Description). Ситуация задаёт некоторое n-арное отношение ($n > 2$)

между сущностями ПрО. Например, движение автомобиля по городу со скоростью более 60 км/час. Описание задаёт дополнительную интерпретацию ситуации в другой системе понятий, то есть она переконцептуализирует понятия ситуации посредством своих понятий, которые обычно принадлежат другой ПрО. Например, описание «Нарушение скоростного режима», включающее понятия «Транспортное средство», «Место движения», «Скоростное ограничение», задаёт новую интерпретацию рассмотренной ранее ситуации. В таком случае описание удовлетворяется (отношение «is-satisfied-by») некоторой ситуацией.

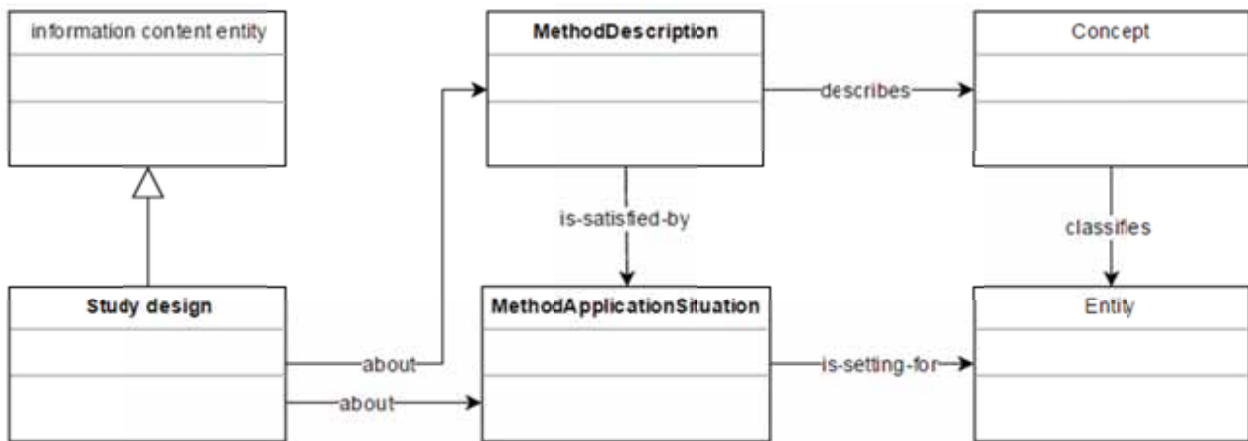


Рисунок 5 - UML схема паттерна содержания «Метод исследования»

Таким образом, понятие «Метод исследования» (Study design) связывается (отношение «about») с методом (Method description) и способом его применения (Method application situation), которые она описывает.

Применение данного паттерна для детализации описания метода исследования состоит в определении набора экземпляров класса «Концепт» (Concept), соответствующих понятиям, используемым в рамках данного метода (отношение «describes»), и последующей их связкой (отношение «classifies») с экземплярами, соответствующими сущностям ПрО (Entity), которые составляют (отношение «is-setting-for») ситуацию применения этого метода. Например, в случае детализации метода «Наблюдение», в качестве компонентов его описания задаются роли наблюдателя и наблюдаемой сущности и наблюдаемого параметра, а удовлетворяющая ситуация может включать некоторую персону, как наблюдателя, определенный производственный/природный процесс, как наблюдаемую сущность и его продолжительность, как параметр.

Применение этого паттерна позволяет расширить множество квалификационных вопросов следующими:

- Как исследовались данные объекты?
- Каким образом данный метод планируется применить в данном исследовании?

Пример использования данного паттерна приведен на рисунке 6.

В данном случае экземпляр класса «Study design» дополнительно связывается с экземплярами классов «Method description» и «Method application situation», которые представляют более детализированное и структурированное описание того, как метод будет применяться в данном исследовании.

Рассмотренный принцип использования разработанных паттернов избавляет пользователя от одновременной манипуляции с большим количеством понятий и отношений и обеспечивает возможность постепенно наращивать сложность представления знаний о сущностях ПрО в зависимости от требований задачи.

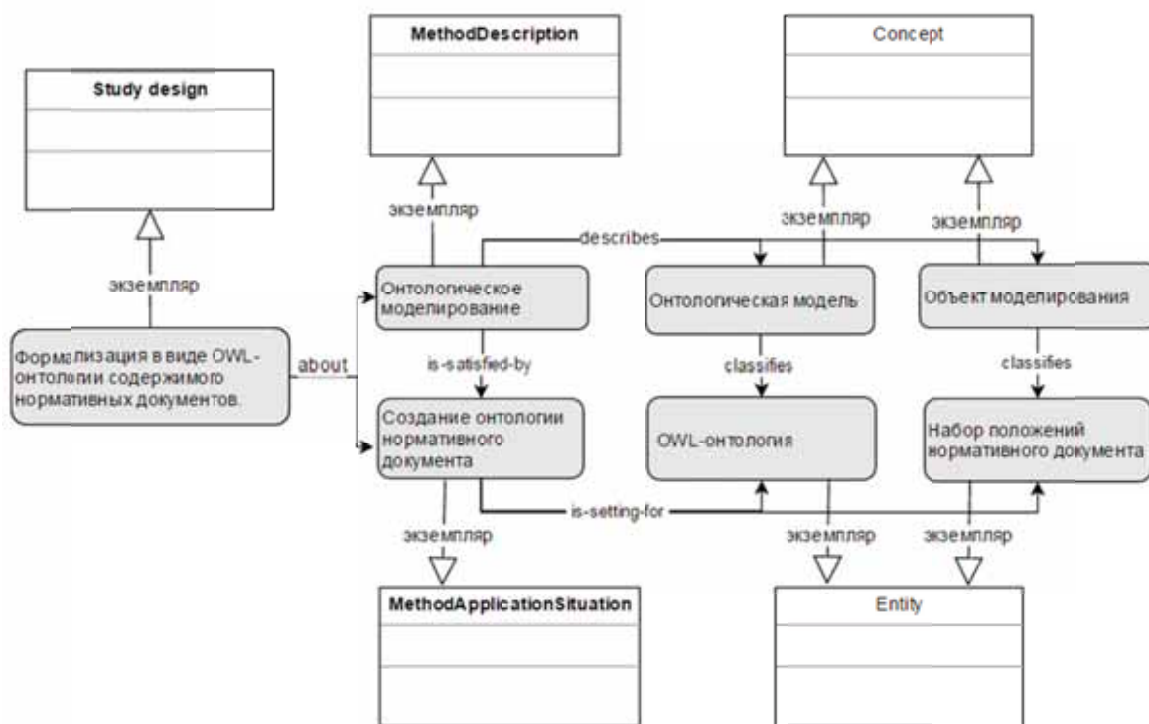


Рисунок 6 – Пример использования паттерна «Метод исследования»

Заключение

Представленная в данной работе онтология ИПЗ задаёт специфику её использования, связанную с наличием большого числа пользователей, обладающих различным опытом и знаниями в разных ПрО, а также необходимостью согласования используемых ими подходов к представлению знаний в онтологии. Наряду с этим следует обеспечить «правильность» таких представлений с точки зрения концептуального и онтологического моделирования.

Рассмотренный подход к построению онтологии ИПЗ путём выделения в ней отдельных паттернов содержания позволяет упростить её применение пользователем. Это обусловлено тем, что при использовании того или иного паттерна пользователь оперирует ограниченной понятийной системой, в рамках которой решается одна конкретная задача онтологического моделирования и чётко, в виде набора квалификационных вопросов, определены результаты такого решения. Наряду с этим применение паттернов обеспечивает приемлемый уровень качества полученного онтологического представления ввиду того, что каждый паттерн представляет собой проверенный и доказавший свою эффективность вариант решения задачи, ориентированный на повторное применение в некотором наборе практических случаев.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – грант-16-07-00562, грант 15-07-03321.

Список источников

- [1] Олейник, А.Г. Развитие технологии концептуального моделирования, основанной на функционально-целевом подходе/ А.Г. Олейник, В.А. Путилов // История науки и техники, №1, 2014. – С.37-52.

- [2] *Ланушин, В.А.* Онтологии в компьютерных системах. - <http://www.interface.ru/home.asp?artId=33244>
- [3] *Gruber, T.R.* The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases // Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference. J.A. Allen, R. Fikes, E. Sandewell - eds. Morgan Kaufmann, 1991, 601-602.
- [4] *Олейник, А.Г.* О формировании единого пространства мультипредметных знаний Кольского научного центра РАН / Олейник А.Г., Ломов П.А. // Труды V-й международной конференции "Системный анализ и информационные технологии" САИТ-2013 (19-25 сентября 2013г., г. Красноярск, Россия) - Т.1 - Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013. - С. 258-265.
- [5] *Ломов, П.А.* Применение паттернов онтологического проектирования для создания и использования онтологий в рамках интегрированного пространства знаний / П.А. Ломов // Онтология проектирования – 2015. - Том 5, №2(16). – с.233-245. - DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-2-233-245.
- [6] *Gangemi, A.* Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. // Proceedings of the Fourth International Semantic Web Conference, Galway, Ireland, pp. 262-276, 2005. Springer.
- [7] Ontology of Integrated Knowledge Space - <https://github.com/palandlom/ontology-of-integrated-knowledge-space>.
- [8] *Werner, C.* Aboutness: Towards Foundations for the Information Artifact Ontology / Werner, C., Smith, B. // In Proceedings of the Sixth International Conference on Biomedical Ontology (ICBO). CEUR Vol. 1515 1-5.
- [9] *Arp, R.* Building Ontologies with Basic Formal Ontology/ Arp, R., Smith, B. Spear, A // The Mit Press, 2015 - DOI: 10.7551/mitpress/9780262527811.001.0001 - <https://mitpress.mit.edu/books/building-ontologies-basic-formal-ontology>
- [10] *Ломов, П.А.* Автоматизация синтеза составных онтологических паттернов содержания / П.А. Ломов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №2(20). - С. 162-172. – DOI:10.18287/2223-9537-2016-6-2-162-172.
- [11] *Blomqvist, E.* Experiments on Pattern-Based Ontology Design. / Blomqvist, E., Gangemi, A., Presutti, V.// In: K-CAP 2009, ACM (2009)
- [12] *Blomqvist, E.* Experimenting with eXtreme Design. / Blomqvist E., Presutti V., Daga E., Gangemi A. // In proceedings of EKAW 2010, LNCS 6317. Springer. Berlin/Heidelberg/New York: pp. 120-134.
- [13] *Masolo, C.* WonderWeb. Final Report. Deliverable D18 / Masolo, C., Borgo, S., Gangemi, A., Guarino, N., Oltramari, A., Shneider, L. (2003)

DEVELOPMENT OF THE ONTOLOGY OF INTEGRATED KNOWLEDGE SPACE

A.G. Oleynik¹, P.A. Lomov²,

*Institute for Informatics and Mathematical Modeling of Technological Processes,
The Kola Science Center of RAS, Apatity, Murmansk region, Russia*

¹oleynik@iimm.ru, ²lomov@iimm.ru

Abstract

The article describes continuation of research aimed at the formation an integrated space knowledge for the information and analytical support for research and development in various fields of a scientific centers activity. This work is devoted to the principles of development and use of ontological model of the integrated knowledge space (IKS ontology) of different scientific fields. IKS ontology is used as the basis for the building of specific domain ontologies, which is created and/or is maintained by certain scientific institutions or research teams. The article presents its implementation in the form of a system of ontology content design patterns, which describe small ontology fragments that encode general use cases (e.g. participation in event, role playing, parts of object.). Content CDPs are used as building blocks during ontology development. A general system of created ontology patterns, as well as principles of their application to knowledge representation and the main advantages of the proposed approach have been considered.

Key words: *ontology, ontology design patterns, ontology engineering.*

Citation: *Oleynik AG, Lomov PA.* Development of the ontology of integrated knowledge space. *Ontology of designing.* 2016; 6(4): 465-474. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-465-474.

Acknowledgment

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research - grant 16-07-00562, 15-07-03321 grant.

References

- [1] **Olejnik AG, Putilov VA.** Development of the conceptual modeling technology based on functional-target approach [In Russian], History of science and technique, №1, 2014. – S.37-52.
- [2] **Lapshin VA.** Ontologies in computers systems [In Russian] - <http://www.interface.ru/home.asp?artId=33244>
- [3] **Gruber TR.** The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference. J.A. Allen, R. Fikes, E. Sandewell - eds. Morgan Kaufmann, 1991, 601-602.
- [4] **Olejnik AG., Lomov PA.** Formation of a multi-subject knowledge space of Kola Science Centre RAN [In Russian]. Proceedings of the V International conference "System analyses and information technologies" SAIT-2013 (19-25 September 2013, Krasnojarsk, Russia) - T.1 - Krasnojarsk: IVM SO RAN, 2013. - S. 258-265.
- [5] **Lomov PA.** Application of ontology design patterns to development and use of ontologies in an integrated knowledge space [In Russian]. Ontology of designing. 2015; V.5, 2(16): 233-245. DOI:10.18287/2223-9537-2015-5-2-233-245.
- [6] **Gangemi A.** Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. Proceedings of the Fourth International Semantic Web Conference, Galway, Ireland, pp. 262-276, 2005. Springer.
- [7] Ontology of Integrated Knowledge Space - <https://github.com/palandlom/ontology-of-integrated-knowledge-space>.
- [8] **Werner, C.** Aboutness: Towards Foundations for the Information Artifact Ontology / Werner, C., Smith, B. // In Proceedings of the Sixth International Conference on Biomedical Ontology (ICBO). CEUR Vol. 1515 1-5.
- [9] **Arp, R.** Building Ontologies with Basic Formal Ontology/ Arp, R., Smith, B. Spear, A // The Mit Press, 2015 - DOI: 10.7551/mitpress/9780262527811.001.0001 - <https://mitpress.mit.edu/books/building-ontologies-basic-formal-ontology>
- [10] **Lomov PA.** Automation of synthesis of composite content ontology design pattern [In Russian]. Ontology of designing. 2016. V.6,2(20). C. 162-172. DOI:10.18287/2223-9537-2016-6-2-162-172.
- [11] **Blomqvist E, Gangemi A, Presutti V.** Experiments on Pattern-Based Ontology Design. In: K-CAP 2009, ACM (2009)
- [12] **Blomqvist E, Presutti V, Daga E, Gangemi A.** Experimenting with eXtreme Design. In proceedings of EKAW 2010, LNCS 6317. Springer. Berlin/Heidelberg/New York: pp. 120-134.
- [13] **Masolo C, Borgo S, Gangemi A, Guarino N, Oltramari A, Shneider L.** WonderWeb. Final Report. Deliverable D18 (2003)

Сведения об авторах



Олейник Андрей Григорьевич, 1962 г.р., доктор технических наук, заместитель директора по научной работе Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН. Области научных интересов: компьютерное моделирование сложных систем; информационные системы поддержки принятия решений.

Oleynik Andrey Grigorjevich, (b.1962) D.Sc. (tech), Deputy Director on scientific work, Institute for Informatics and Mathematical Modelling of Technological Processes of the Kola Science Center RAS. Research interests: simulation of complex systems; decision support systems; databases.



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, Semantic web, информационная безопасность.

Lomov Pavel Andreevich, (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.

УДК 519.711.3

СИНТЕЗ СХЕМ БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ

М.В. Кучуганов

Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия
qmikle1@yandex.ru

Аннотация

Рассматривается задача автоматического синтеза схемы реляционной базы данных по описанию онтологии предметной области в дескрипционной логике. Предлагается алгоритм экспликации и анализа сведений о связях концептов, релевантных задаче генерации схемы базы данных. Приводится пример генерации схемы фрагмента базы данных производственной организации. Отличие предлагаемого алгоритма от уже существующих алгоритмов генерации схем баз данных для онтологий предметной области, описанных на языке дескрипционной логики, заключается в том, что он ориентирован на создание базы данных для хранения информации (фактов) о состоянии предметной области, которая пригодна не только для решения логических запросов со стороны базы знаний (основанной на дескрипционной логике и логическом выводе), но и для обработки обычных SQL запросов со стороны любых других инженерных приложений (информационных систем), работающих с этой информацией. Полученная в результате логического анализа онтологии схема базы данных достаточна для хранения информации о любом не противоречащем онтологии состоянии предметной области, гарантирует ссылочную целостность данных и позволяет организовать эффективный доступ к ним.

Ключевые слова: онтология, дескрипционная логика, база данных, реляционная модель, синтез баз данных.

Цитирование: Кучуганов, М.В. Синтез схем баз данных на основе онтологии / М.В. Кучуганов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 475-484. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-475-484.

Введение

Одним из наиболее популярных в последние годы средств описания онтологии предметной области (ПрО) является дескрипционная логика [1, 2].

Описание $Th = [C, R, TBox, ABox]$ ПрО в дескрипционной логике (ДЛ) далее называется теорией (ДЛ-онтологией) ПрО и включает в себя следующее:

- 1) C – множество атомарных концептов;
- 2) R – множество атомарных ролей;
- 3) $TBox$ – множество утверждений о свойствах концептов и ролей (описание понятий);
- 4) $ABox$ – множество утверждений о конкретных объектах (описание фактов).

Информация о конкретном состоянии ПрО описывается утверждениями из $ABox$.

Рассмотрим задачу построения (схемы) реляционной базы данных (БД) для хранения информации о состоянии ПрО – фактов, которые описываются в ДЛ утверждениями из $ABox$. Очевидно, есть тривиальное решение – БД, состоящая из отдельных таблиц для каждого концепта и для каждой роли. В принципе, достаточно двух таблиц – одна для всех концептов, другая – для всех ролей. Но это решение никак не отражает сути онтологии – утверждений о свойствах концептов и ролей из $TBox$ и никак не использует их для эффективного извлечения релевантных к запросу фактов из БД.

С другой, практической стороны, реляционные БД предназначены для *эффективного* хранения и извлечения нужных фактов о ПрО. И успешно используются для этого десятки лет. Не случайно задача построения ДЛ-описаний *реальных* реляционных БД рассматривается давно и остаётся актуальной (см. обзор этого направления исследований в работе [3]).

Имеющиеся в современных реляционных БД механизмы контроля целостности дают возможность построить *структурированную* схему БД для хранения фактов *АВох*, исходя из логических следствий аксиом *ТВох* в ДЛ-описании ПрО.

Предлагаемые в настоящее время методы построения реляционной БД для хранения фактов *АВох*, ориентированы на эффективное выполнение *логических* запросов к *АВох*, основанных на понятиях и определениях из *ТВох*. Так, например, в работах [4, 5] предлагаются различные способы трансляции терминологических выражений ДЛ в иерархически-реляционные структуры схемы данных, позволяющие существенно упростить верификацию утверждений ДЛ. Однако предлагаемые в этих работах принципы построения схемы БД предусматривают создание множества «дополнительных» таблиц и связей, повышающих эффективность вычисления логических запросов, но существенно усложняющих обычную, «повседневную» обработку данных традиционными программными системами.

Проблема синтеза БД, обеспечивающих работу обычных программных систем управления, например, производственными процессами не рассматривается. По этой причине бывает затруднительно обеспечить взаимосвязь информационных систем (ИС), использующих *логические* запросы к базе знаний ПрО (основанной на ДЛ и логическом выводе), с традиционными инженерными ИС, использующими обычные SQL запросы для обработки данных в реляционной базе данных.

Суть предлагаемого решения проблемы заключается в экспликации (извлечении) и анализе отношения вложенности концептов и свойств ролей в ДЛ-онтологии ПрО и последующей генерации SQL-скрипта для создания схемы БД. Предлагается алгоритм, позволяющий автоматически генерировать схему реляционной БД не только *достаточную* для хранения информации о любом допустимом состоянии ПрО, но и пригодную для работы обычных программных систем, не использующих ДЛ. Приводится пример генерации (фрагмента) схемы реляционной БД для некоторой производственной организации.

1 Алгоритм анализа онтологии предметной области

Предполагается, что ДЛ-онтология ПрО является *концептуально полной*, т.е. имеет достаточно явно выделенных *атомарных* концептов.

Определение 1. Онтология $Th = [C, R, TBox, ABox]$ называется *концептуально полной*, если выполняются следующие условия:

- 1) для каждого концепта $c \in C$ имеется (единственный, представляющий собой функцию от концепта c) *наименьший* по отношению вложенности концепт $parent(c) \in C$ такой, что $c \subseteq parent(c)$;
- 2) для каждой роли $r \in R$ имеется (единственный, представляющий собой функцию от роли r) *наименьший* по отношению вложенности концепт $dom(r) \in C$, содержащий область *определения* роли r (как бинарного отношения);
- 3) для каждой роли $r \in R$ имеется (единственный, представляющий собой функцию от роли r) *наименьший* по отношению вложенности концепт $range(r) \in C$, содержащий область *значений* роли r (как бинарного отношения).

Структура концептуально полной онтологии наглядно представляется в виде ориентированного графа (*концептуальной диаграммы* онтологии), вершины которого представляют концепты, а дуги – определённые в онтологии роли.

Описываемый вариант алгоритма будем далее называть DLSQL1.

Предполагается, что имеется механизм логических рассуждений (или *reasoner*, рассуждатель), вычисляющий отношение логического следования $IMPLY(TBox, \varphi) = (TBox \mid = \varphi)$ - «утверждение φ логически следует из утверждений $TBox$ ».

Из приводимого далее описания алгоритма видно, что с логическим выводом связан только первый этап алгоритма – экспликация сведений о связях концептов из исходного ДЛ-описания ПрО.

Далее n – количество концептов, m – количество ролей теории Th .

1.1 Этап 1. Экспликация сведений о связях концептов в ДЛ-онтологии

ШАГ 1.1. Определение вложенности концептов и формирование вспомогательного массива индексов PARENT с учётом концептуальной полноты онтологии.

Массив PARENT содержит, для каждого концепта $C[i]$, индекс концепта $parent(C[i])$. Этот массив однозначно определяет отношение вложенности на атомарных концептах.

```
for i:=1 to n do begin
  PARENT[i]:=-1; //ещё не нашли концепт, больше i-го
  for j:=1 to n do
    if (i<>j) and IMPLY(Th, C[i] ⊆ C[j]) then
      if PARENT[i]=-1 then PARENT[i]:=j //нашли больший концепт
      else if IMPLY(Th, C[j] ⊆ C[PARENT[i]]) then PARENT[i]:=j;
      //уточнили больший
end;
```

ШАГ 1.2. Определение концептов-областей определения ролей и формирование вспомогательного массива индексов DOM с учётом концептуальной полноты онтологии.

Понятие области определения роли $r \in R$ является определяемым концептом в ДЛ *ALC* (*Attributive Language with Complement*) и описывается формулой $Dom(r) = \exists r.T^1$.

Массив DOM содержит, для каждой роли $R[i]$, индекс концепта $dom(R[i])$.

```
for i:=1 to m do begin
  DOM[i]:=-1; //еще не нашли концепт, больше i-го
  for j:=1 to n do
    if IMPLY(Th, Dom(R[i]) ⊆ C[j]) then
      if DOM[i]=-1 then DOM[i]:=j //нашли больший концепт
      else if IMPLY(Th, C[j] ⊆ C[DOM[i]]) then DOM[i]:=j;
      //уточнили больший
end;
```

ШАГ 1.3. Определение концептов-областей значений ролей и формирование вспомогательного массива индексов RANGE.

Понятие области значений роли $r \in R$ является определяемым концептом в ДЛ с обратными ролями *ALCI* и описывается формулой $Range(r) = \exists(r^-).T$.

По условию концептуальной полноты онтологии для каждой роли $r \in R$ имеется (единственный) *наименьший* по отношению вложенности концепт $range(r) \in C$, содержащий область значений роли r (как бинарного отношения).

Массив RANGE содержит, для каждой роли $R[i]$, индекс концепта $range(R[i])$.

¹ T – символ *ALC*-логики, который интерпретируется как весь домен - множество индивидов, представители которого составляют множество объектов описываемой ПрО. Выражение $\exists r.T$ обозначает на языке *ALC* область определения (т.е. определённые объекты рассматриваемой ПрО) роли r . *Прим. ред.*

```

for i:=1 to m do begin
  RANGE[i]:=-1; //еще не нашли концепт, больший i-го
  for j:=1 to n do
    if IMPLY(Th, Range(R[i])  $\subseteq$  C[j]) then
      if RANGE[i]=-1 then RANGE[i]:= j //нашли больший концепт
      else if IMPLY(Th, C[j]  $\subseteq$  C[RANGE[i]]) then RANGE[i]:=j;
      //уточнили больший
  end;

```

ШАГ 1.4. Определение функциональности ролей и формирование вспомогательного массива FUNC.

Понятие функциональности роли $r \in R$ является определяемым в ДЛ с численными ограничениями $ALCQ$ и описывается формулой $Func(r) = (Dom(r) \subseteq (\leq 1.r.T))$

Массив FUNC для каждой роли $R[i]$ содержит признак - является ли она функциональной или нет.

В ДЛ атрибуты объектов ПрО описываются ролями-функциями. Фактически, массив FUNC определяет множество полей таблиц БД.

```

for i:=1 to m do FUNC[i]:=IMPLY(Th, Func(R[i]));

```

ШАГ 1.5. Определение свойства *Not Null* ролей-атрибутов и формирование вспомогательного массива NOTNULL.

Свойство *Not Null* означает, что атрибут является обязательным для объектов концепта – области определения и позволяет наложить соответствующее ограничение на значения поля таблицы, где будут храниться значения атрибута.

Массив NOTNULL для каждой роли $R[i]$ содержит признак - обладает ли она свойством *Not Null* или нет.

```

for i:=1 to m do NOTNULL[i]:=FUNC[i] and IMPLY(Th, C[DOM[i]]  $\subseteq$  Dom(R[i]));

```

ШАГ 1.6. Определение свойства *Unique* ролей-атрибутов и формирование вспомогательного массива UNIQUE.

Свойство *Unique* означает, что значения атрибута обязательны и различны у различных объектов концепта-области определения и позволяет наложить соответствующее ограничение на значения поля таблицы, где будут храниться значения атрибута.

Массив UNIQUE для каждой роли $R[i]$ содержит признак - обладает ли она свойством *Unique* или нет.

```

for i:=1 to m do UNIQUE[i]:=NOTNULL[i] and IMPLY(Th, 1.(R[i] ^).C[DOM[i]]);

```

1.2 ЭТАП 2. Анализ сведений о связях концептов

ШАГ 2.1. Определение концептов – таблиц БД и формирование вспомогательного массива TABLE.

В ДЛ атрибуты объектов ПрО описываются ролями-функциями. Каждому концепту - области определения функциональной роли (*табличному*) соответствует таблица БД, в которой и будут храниться значения этого атрибута.

Массив TABLE для каждого концепта содержит признак - является ли он табличным или нет.

```

for i:=1 to n do begin
  TABLE[i]:=false;
  for j:=1 to m do
    if FUNC[j] and (DOM[j]=i) then TABLE[i]:=true;
  end;

```

ШАГ 2.2. Определение связей концептов с табличными концептами и формирование вспомогательного массива PARENT_TABLE.

Массив PARENT_TABLE для каждого концепта содержит индекс *табличного* концепта-родителя.

```
for i:=1 to n do begin
  PARENT_TABLE[i]:=i;
  while not TABLE[PARENT_TABLE[i]] do //ищем ближайший табличный концепт
    PARENT_TABLE[i]:=PARENT[PARENT_TABLE[i]];
end;
```

ШАГ 2.3. Определение связей ролей с табличными концептами и формирование вспомогательных массивов DOM_TABLE и RANGE_TABLE.

Массивы DOM_TABLE и RANGE_TABLE для каждой роли содержат индексы *табличного* концепта области определения и области значений роли соответственно.

```
for i:=1 to m do begin
  DOM_TABLE:=PARENT_TABLE[DOM[i]];
  RANGE_TABLE:=PARENT_TABLE[RANGE[i]];
end;
```

ШАГ 2.4. Определение концептов – доменов БД и формирование вспомогательного массива DB_DOMAIN.

Домен базы данных (тип данных, некоторое множество значений атрибутов объектов), как концепт, отличается от остальных следующими свойствами:

- не является подмножеством табличного концепта (табличные концепты представляют множества разнородных объектов Про);
- не является областью определения роли (роли связывают объекты Про с другими объектами или со значениями их атрибутов);

Массив DB_DOMAIN для каждого концепта содержит признак - является ли он доменом БД или нет.

```
for i:=1 to n do begin
  DB_DOMAIN[i]:=(PARENT_TABLE[i]=-1); //не является подмножеством
  for j:=1 to m do // не является областью определения
    if DOM[j]=i then DB_DOMAIN[i]:=false;
end;
```

2 Пример генерации схемы реляционной БД для предметной области

В качестве примера рассмотрим задачу синтеза БД для некоторой производственной организации.

2.1 Описание концептов и ролей

Укрупнённое описание деятельности, связанной с движением ресурсов, содержит, в частности, следующие понятия (концепты и роли).

2.1.1 Концепт Документы

Концепт связан с другими следующими ролями:

- *НомерДокумента*(*x*: Документы, *y*: STRING) – строка *y* является уникальным идентификатором (кодом, номером) документа *x*, функциональное отношение (атрибут);

- *НаименованиеДокумента*(x : Документы, y : *STRING*) – строка y является наименованием документа x , функциональное отношение (атрибут);
- *ДатаДокумента*(x : Документы, y : *DATETIME*) – дата документа x , функциональное отношение (атрибут).

2.1.2 Концепт ЕдиницыИзмерения

Концепт связан с другими следующими ролями:

- *НаименованиеЕдиницы*(x : ЕдиницыИзмерения, y : *STRING*) – строка y является идентификатором (уникальным наименованием) единицы измерения x , функциональное отношение (атрибут);
- *ОбозначениеЕдиницы*(x : ЕдиницыИзмерения, y : *STRING*) – строка y является обозначением (уникальным сокращением наименования) единицы измерения x , функциональное отношение (атрибут).

2.1.3 Концепт Ресурсы

Концепт связан с другими следующими ролями:

- *НаименованиеРесурса*(x : Ресурсы, y : *STRING*) – строка y является идентификатором (уникальным наименованием) ресурса x , функциональное отношение (атрибут);
- *ЕдиницыИзмеренияРесурса*(x : Ресурсы, y : ЕдиницыИзмерения) – единица измерения y используется для измерения количества ресурса x , атомарная роль, определяющая множество допустимых единиц измерения ресурса.

2.1.4 Концепт Спецификации

Концепт связан с другими следующими ролями:

- *РесурсСпецификации*(x : Спецификации, y : Ресурсы) – ресурс y является предметом спецификации x , функциональное отношение (атрибут);
- *ЕдиницаСпецификации*(x : Спецификации, y : ЕдиницыИзмерения) – единица измерения y используется для измерения количества ресурса спецификации x , функциональное отношение (атрибут);
- *КоличествоСпецификации*(x : Спецификации, y : *FLOAT*) – число y является количеством ресурса спецификации, функциональное отношение (атрибут).

2.1.5 Концепт План

Концепт связан с другими следующими ролями:

- *НачалоПериода*(x : План, y : *DATETIME*) – дата начала периода планирования плана x , функциональное отношение (атрибут);
- *КонецПериода*(x : План, y : *DATETIME*) – дата окончания периода планирования плана x , функциональное отношение (атрибут);
- *РесурсыПлана*(x : План, y : Спецификации) – спецификация y является спецификацией количества ресурса плана x , атомарная роль, определяет множество спецификаций ресурсов плана.

2.2 Анализ онтологии и генерация схемы БД

Рассмотрим более подробно анализ онтологии и генерацию SQL-скрипта на примере обработки концепта План и его связей.

Поскольку (Шаг 2.1. Алгоритма) концепт План является областью определения функциональных ролей – атрибутов *НачалоПериода* и *КонецПериода*, то он является *табличным*, и

в схеме БД будет (должна быть) таблица, в которой будут храниться эти атрибуты для каждого экземпляра документа вида *План*.

Соответственно, будет сгенерирована следующая SQL-команда создания таблицы:

```
create table PPlan(ID integer not null);
```

Здесь (как и в других основных таблицах) поле ID предназначено для хранения уникального идентификатора объекта ПрО и является главным ключом таблицы, поэтому добавляется соответствующее ограничение:

```
alter table PPlan add constraint PK_PPlan primary key(ID);
```

Концепт *План* (Шаг 1.1 Алгоритма) является подмножеством концепта *Документы*, т.е. каждый план является документом и, соответственно, идентификатор плана является идентификатором документа. Поэтому добавляем соответствующее ограничение *foreign key*:

```
alter table PPlan add constraint FK_PPlan foreign key(ID) references Documents(ID);
```

Далее в таблице создаются поля для хранения значений атрибутов:

```
alter table PPlan add BegDate TIMESTAMP not null;
alter table PPlan add EndDate TIMESTAMP not null;
```

Для хранения *всех* нефункциональных ролей (отношений «один ко многим») используется *одна* «системная» таблица ROLES. Она содержит колонку NAME, которая содержит имя роли и колонки для хранения идентификаторов объектов табличных концептов. В каждой записи таблицы хранятся имя роли и ID объектов из таблиц – областей определения и значений этой роли – в соответствующих колонках, чтобы можно было контролировать ссылочную целостность БД.

Таблица создаётся при наличии в ДЛ-онтологии нефункциональных ролей (как в данном случае) следующими SQL-командами:

```
create table roles(Name varchar(127) not null);
create index roles_name on roles(Name);
```

Концепт *План* (Шаг 2.2. Алгоритма) является областью определения *нефункциональной* роли *РесурсыПлана*, которая сопоставляет каждому плану *множество* его спецификаций (позиций плана) из концепта Спецификации.

Следовательно, в таблице ROLES, где хранятся все нефункциональные отношения, должны быть поля для хранения пар «идентификатор плана – идентификатор спецификации». Добавляем их в таблицу ROLES вместе с соответствующими ограничениями, гарантирующими ссылочную целостность:

```
alter table roles add PPlan_ID integer;
alter table roles add constraint FK_PPlan_ID foreign key (PPlan_ID) references PPlan(ID);
alter table roles add Specs_ID integer;
alter table roles add constraint FK_Specs_ID foreign key (Specs_ID) references Specs(ID);
```

Аналогично обрабатываются все табличные концепты и формируется SQL-скрипт, показанный на рисунке 1.

Скрипт может исполняться в любой из распространённых реляционных СУБД.

Разумеется, перед его исполнением нужно:

- инициализировать схему БД с желаемыми техническими параметрами (размер страницы, кодировка данных и прочие, в зависимости от особенностей используемой СУБД);
- создать домены данных для концептов-доменов, которые *не являются стандартными* в данной СУБД.

```

DLSQL 1.6.4
SDL | SQL | Concepts | Roles

-- создание основных таблиц
create table PPlan(ID integer not null);
create table Documents(ID integer not null);
create table EI(ID integer not null);
create table Resources(ID integer not null);
create table Specs(ID integer not null);

-- создание главных ключей
alter table PPlan add constraint PK_PPlan primary key (ID);
alter table Documents add constraint PK_Documents primary key (ID);
alter table EI add constraint PK_EI primary key (ID);
alter table Resources add constraint PK_Resources primary key (ID);
alter table Specs add constraint PK_Specs primary key (ID);

-- создание главных внешних ключей
alter table PPlan add constraint FK_PPlan foreign key (ID) references Documents(ID);

-- создание полей таблиц
alter table Documents add DocNum VARCHAR(255) not null;
alter table Documents add constraint UN_DocNum unique (DocNum);
alter table Documents add DocName VARCHAR(255) not null;
alter table Documents add DocDate TIMESTAMP not null;
alter table EI add EIName VARCHAR(255) not null;
alter table EI add constraint UN_EIName unique (EIName);
alter table EI add EIShortName VARCHAR(255) not null;
alter table EI add constraint UN_EIShortName unique (EIShortName);
alter table Resources add ResName VARCHAR(255) not null;
alter table Resources add constraint UN_ResName unique (ResName);
alter table Specs add SpRes integer not null;
alter table Specs add constraint FK_SpRes foreign key (SpRes) references Resources(ID);
alter table Specs add SpEI integer not null;
alter table Specs add constraint FK_SpEI foreign key (SpEI) references EI(ID);
alter table Specs add SpQnt FLOAT not null;
alter table PPlan add BegDate TIMESTAMP not null;
alter table PPlan add EndDate TIMESTAMP not null;

-- создание таблицы для нефункциональных ролей
create table roles (Name varchar(127) not null);
create index roles_name on roles(Name);

```

Рисунок 1 – SQL-скрипт, полученный в результате анализа онтологии

На рисунке 2 показана диаграмма БД, созданной в результате исполнения скрипта в СУБД Firebird в программе-консоли EMS SQL Manager Lite for InterBase and Firebird. Она наглядно показывает таблицы документов, планов, спецификаций, ресурсов, единиц измерения ресурсов и ролей (отношений «один ко многим») и связи между ними.

Полученная в результате анализа ДЛ-онтологии БД позволяет хранить информацию о любом не противоречащем онтологии состоянии ПрО и позволяет организовать эффективный доступ к данным об этом состоянии не только со стороны базы знаний ПрО, но и со стороны любых других инженерных приложений, работающих с информацией о ПрО.

Заключение

Предложенный алгоритм позволяет автоматически синтезировать схему реляционной БД по ДЛ-онтологии ПрО.

Приведённый пример показывает, что синтезируемая схема БД получается «естественной» – понятной и удобной для разработчиков прикладных программных систем, работающих с этими данными. Взаимосвязь задач через онтологию ПрО полезна при разработке корпоративных информационных систем. Описанная версия алгоритма экспликации и анализа сведений о связях понятий ПрО является базовой и допускает дальнейшее развитие с целью извлечения из ДЛ-онтологии более точных сведений о связях концептов и генерации более сложных ограничений в схеме БД.

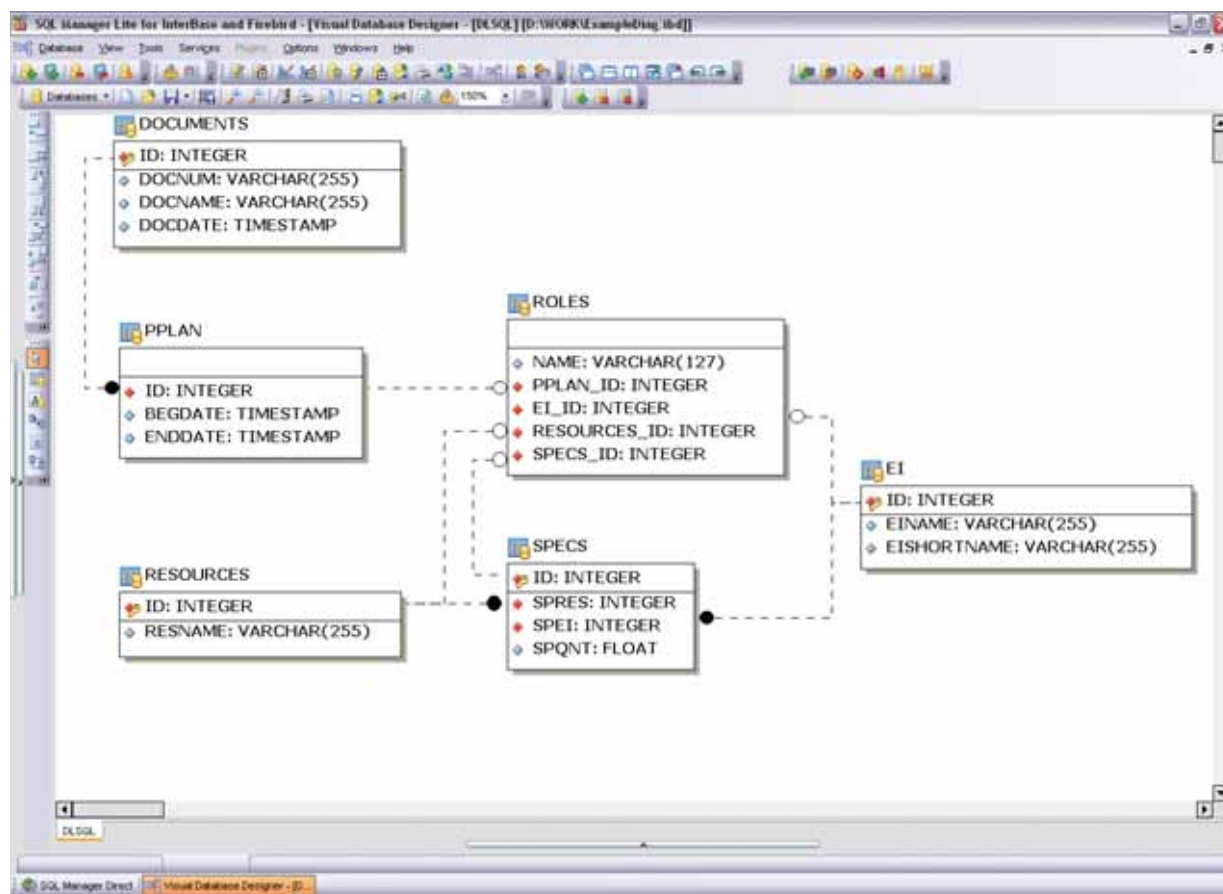


Рисунок 2 - Диаграмма схемы БД, полученной в результате исполнения скрипта

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] *Baader, F.* The Description Logic Handbook / F. Baader. - New York: Cambridge University Press, 2003.
- [2] *Конев, Б.Ю.* Онтология и представление знаний / Б.Ю. Конев. - Department of Computer Science, Liverpool University, 2010. - URL: <http://logic.pdmi.ras.ru/csclub/courses/ontology> (Дата обращения 12.10.2016).
- [3] *Sequeda, J.* Integrating relational databases with the Semantic Web / J. Sequeda. - [Электронный ресурс]. - URL: <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/30537> (Дата обращения 16.08.2016).
- [4] *Auer, S. and I., Zachary, G.* Integrating Ontologies and Relational Data / S. and I. Auer, G. Zachary // Technical Reports (CIS). Paper 716. - URL: http://repository.upenn.edu/cis_reports/716 (Дата обращения 16.08.2016).
- [5] *Левков, А.А.* Организация эффективной системы хранения фактов в онтологиях / А.А. Левков // Информационные технологии и вычислительные системы. - 2011. - №4. - С. 3-9.

ONTOLOGY BASED SYNTHESIS OF DATABASE SCHEMES

M.V. Kuchuganov

Udmurt State University, Izhevsk, Russian
 qmikle1@yandex.ru

Abstract

The article discusses the problem of automatic synthesis of a relational database schema to store information about states of a subject area by using its description logic ontology. It presents an algorithm for explication and analysis of

information about those relations between concepts, which are relevant to the problem. Example of generating of a database schema fragment is presented. The difference between the proposed algorithm and other ones, which are generating database schemes by using a description logic ontology, oriented to logical queries to database only, but not to usual SQL queries from usual engineer information systems, is outlined. Database schemes, which are generated by the algorithm, are sufficient to store any facts about a subject area which are consistent with description logic ontology, grants references constraints and effective access to data by means SQL queries.

Key words: *ontology, description logic, database, relational model, data integrity constraints, database synthesis.*

Citation: *Kuchuganov MV. Ontology based synthesis of database schemes. Ontology of Designing. 2016; 6(4): 475-484. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-475-484.*

References

- [1] *Baader F.* The Description Logic Handbook. - New York: Cambridge University Press, 2003.
- [2] *Konev B.* Ontology and knowledge representation. [In Russian]. Department of Computer Science, Liverpool University, 2010. - <http://logic.pdmi.ras.ru/csclub/courses/ontology>.
- [3] *Sequeda J.* Integrating relational databases with the Semantic Web. - <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/30537>.
- [4] *Auer S and I, Zachary G.* Integrating Ontologies and Relational Data. Technical Reports (CIS). 716 p. - http://repository.upenn.edu/cis_reports/716.
- [5] *Levkov A.* Effective fact storage organization for ontology. [In Russian]. - http://www.jitcs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=348.

Сведения об авторе



Кучуганов Михаил Валерьевич, 1966 г. рождения. Окончил Ижевский механический институт в 1983 г. Ст.преподаватель кафедры информатики и математики Удмуртского государственного университета. В списке научных трудов несколько работ в области конструктивных логик, синтеза программ и планов действий.

Kuchuganov Mihail Valerievich (b. 1966) graduated from the Izhevsk Mechanical Institute in 1983. He is senior lecturer at Udmurt State University (Department of informatics and mathematics). He is author of some scientific articles in the field of constructive logics, program synthesis and action planning.

УДК 004.82:004.89:519.816

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЛАБОФОРМАЛИЗОВАННЫХ ОБЛАСТЯХ

Г.Б. Загорулько

*Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
gal@iis.nsk.su*

Аннотация

В статье представлена онтология области знаний «Поддержка принятия решений в слабоформализованных областях». Рассматриваются вопросы, связанные с контекстом предполагаемого использования онтологии. Данная онтология разрабатывается в качестве концептуальной основы интеллектуального научного Интернет-ресурса, который содержит систематизированную информацию об этой области знаний, предоставляет содержательный доступ к информации, методам её обработки, а также к методам решения типичных задач. В статье показано, что область знаний, описываемая онтологией, является расширением классической теории принятия решений, в фокусе исследований которой находятся вопросы, связанные с формированием, оцениванием и выбором вариантов решения проблемных ситуаций, т.е. заключительными этапами принятия решений. Представленная онтология, наряду с понятиями классической теории принятия решений, описывает средства и методы, которые были получены в смежных научных дисциплинах и которые могут успешно применяться в процессе принятия решений, в том числе и на его начальных этапах. Данная онтология, содержит также понятия, позволяющие описывать программные разработки и Интернет-ресурсы, созданные в рассматриваемой области знаний, что значительно повышает ценность создаваемого ресурса.

Ключевые слова: онтология, научный Интернет-ресурс, поддержка принятия решений, слабоформализованная область.

Цитирование: Загорулько, Г.Б. Разработка онтологии для Интернет-ресурса поддержки принятия решений в слабоформализованных областях / Г.Б. Загорулько // *Онтология проектирования*. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 485-500. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500.

Введение

Несмотря на большое количество методов поддержки принятия решений (ППР), проблема их использования для практических задач остаётся нерешённой, особенно в слабоформализованных областях. Это обусловлено сложностью методов, отсутствием их систематизированного описания и свободного доступа к реализациям. В то же время возрастает потребность в таких методах у большого числа лиц, не имеющих соответствующей квалификации и навыков их применения. Поэтому возрастает роль средств, поддерживающих процесс использования методов ППР, и в связи с этим очень важным представляется создание специализированного интеллектуального научного Интернет-ресурса по поддержке принятия решений (далее, ИНИР ППР).

Статья посвящена описанию разрабатываемой онтологии, на которой базируется ИНИР ППР. Создание любой онтологии – сложный итерационный процесс. Невозможно разработать полезную онтологию «вообще» без её связи с тем контекстом, в котором она будет использоваться. Прежде чем приступить к описанию онтологии, необходимо рассмотреть, с какой целью и для кого она создаётся, какие задачи должна решать. Далее необходимо ука-

зять границы области знаний (ОЗ), которую будет описывать эта онтология. После этого можно приступить к описанию ключевых понятий моделируемой области знаний, их свойств, связей и ограничений.

1 Назначение, целевая аудитория и область знаний разрабатываемой онтологии

Рассматриваемая онтология разрабатывается для ИНИР ППР в слабоформализованных областях. При создании этого ресурса используются методология и технология, разработанные в ИСИ СО РАН [1]. Согласно методологии ИНИР – это информационно-аналитическая система с web-интерфейсом, которая содержит систематизированную информацию, относящуюся к определённой области знаний, и предоставляет содержательный доступ к этой информации, методам её обработки, принятым в данной ОЗ, а также к методам решения типичных для данной ОЗ задач. Основу такого ИНИР составляет онтология, которая служит не только для формализации и систематизации различных видов знаний, данных и средств обработки и анализа информации, интегрируемых в информационное пространство ИНИР, но и для организации удобного содержательного доступа к ним.

Можно выделить несколько основных типов пользователей, которым будет интересен и полезен рассматриваемый ИНИР ППР:

- эксперты и лица, принимающие решения (ЛПР) в своих областях деятельности;
- исследователи, разрабатывающие методы принятия решений;
- лица, изучающие область знаний «Теория принятия решений»;
- разработчики, создающие программные продукты, в частности, системы поддержки принятия решений (СППР), для предметных областей (ПрО).

Всем пользователям ИНИР ППР нужна, прежде всего, содержащаяся в нём информация о процессе, задачах и методах ППР. Ресурс предоставляет возможности высокоуровневого справочника, описывающего свойства и семантические взаимосвязи интересующих пользователя понятий. Онтология играет в этом справочнике роль семантического каталога. Важной особенностью ИНИР ППР, отличающей его от подобных ресурсов, является предоставление доступа к методам ППР. Эта возможность поднимает эффективность и удобство использования ИНИР на качественно новый уровень. Пользователь получает удобный инструмент для обработки и анализа необходимой ему информации, позволяющий также непосредственно опробовать разные методы решения интересующих его задач. Пользователям-разработчикам, помимо информации и возможности опробовать необходимые методы, нужны ещё и конкретные реализации методов, которые они могли бы использовать в создаваемых ими продуктах. ИНИР предлагает таким пользователям репозитарий готовых методов.

Областью знаний ИНИР является ППР в слабоформализованных областях (рисунок 1). Эта область рассматривается как расширение классической теории принятия решений (ТПР). В литературе, посвященной ТПР, содержатся разные формулировки её объекта и предмета исследования. Однако исследователи сходятся во мнении, что основным назначением ТПР является поиск и обоснованный выбор наиболее предпочтительных для человека вариантов решения проблемы [2-4]. В фокус исследований ТПР попадают методы, связанные с формированием, оцениванием и выбором лучших или просто приемлемых вариантов решения проблемных ситуаций (ПС), т.е. с поддержкой ЛПР на заключительных этапах принятия решений. В работах О.И. Ларичева [4, 5] отмечено, что в процессе принятия решений всегда переплетены наука и искусство, однако на начальных этапах научные методы не играют важной роли. Решаемые на этих этапах задачи не рассматриваются в рамках различных теорий

выбора, поскольку они в основных своих чертах не формализованы и решаются благодаря навыкам и умениям консультанта и ЛПР.

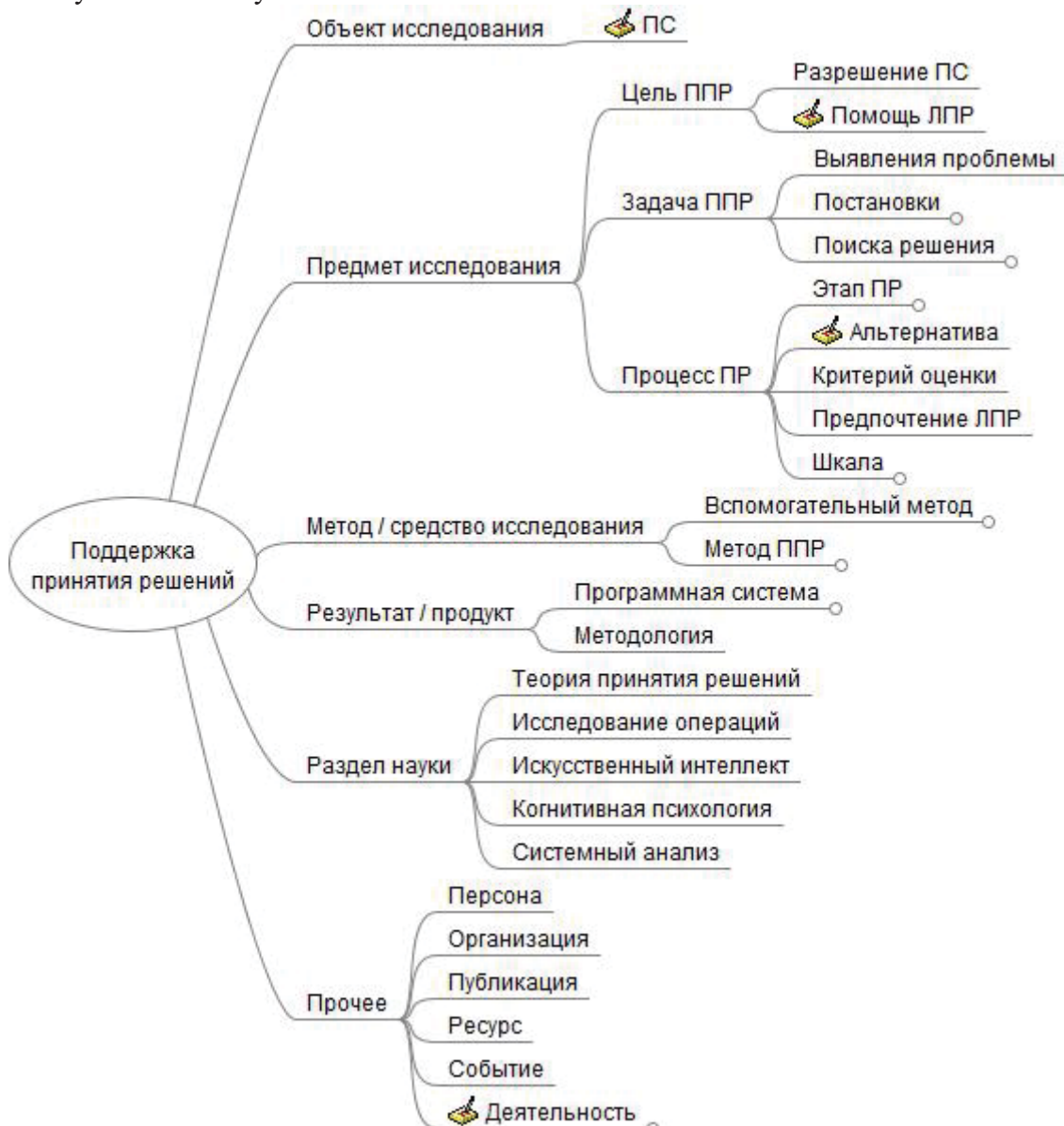


Рисунок 1 – Область знаний «Поддержка принятия решений» в слабоформализованных областях

Однако результаты, достигнутые в последние 10-15 лет в области искусственного интеллекта, когнитивной психологии, системного анализа, позволяют привнести научную составляющую в ранее не формализуемые ОЗ. В рамках этих смежных научных дисциплин были разработаны подходы и методы, позволяющие структурировать ПрО, диагностировать ПС, анализировать объективные и субъективные факторы, находить варианты решения проблемы. При этом делается упор на методы, которые используются в слабоформализованных областях, для которых характерны такие факторы, как неопределённость и неполнота исходных данных, отсутствие аналитической модели решаемой задачи, качественный, декларативный характер используемой информации.

Наряду с понятиями, связанными с процессом принятия решений и методами его поддержки, ОЗ «ППР» рассматривает и вопросы, связанные с программной реализацией методов, а также с осуществляемой в её рамках деятельностью (рисунок 1).

2 Онтология области знаний «Поддержка принятия решений в слабоформализованных областях»

Онтология области знаний «ППР в слабоформализованных областях» описывает понятия, представленные на рисунке 1. Являясь онтологией ИНИР, она строится, согласно [1], на основе базовых онтологий научного знания, научной деятельности, задач и методов, научных информационных ресурсов путём дополнения и конкретизации содержащихся в них понятий.

Онтология научного знания, по своей сути, является метаонтологией. Она содержит метапонятия и отношения, задающие структуры для описания ОЗ ресурса, такие как *Предмет исследования*, *Объект исследования*, *Метод/Средство исследования*, *Результат/продукт*, позволяющие выделить в данной области значимые разделы и подразделы, установить её связь со смежными разделами науки, задать типизацию предметов, объектов и методов исследования, описать результаты научной деятельности.

Ввиду особой важности для рассматриваемой ОЗ и тесной взаимосвязи таких понятий, как *Задача ППР* и *Метод/средство исследования*, описывающий их фрагмент выделен в отдельную онтологию. Эта онтология строится на основе базовой онтологии задач и методов.

Понятия базовых онтологий были конкретизированы для ОЗ ИНИР ППР. *Объектом исследования* рассматриваемой ОЗ являются *ПС*, а *Предметом* – *Цели и Задачи ППР*, а также аспекты принятия решений, т.е. сущности, связанные с организацией процесса принятия решений: *Этапы*, которые проходит ЛППР, принимая решения, *Альтернативы* решения ПС, *Критерии* оценки альтернатив, *Шкалы*, в которых делаются оценки, способы выражения *Предпочтений ЛППР*.

Результатами в ОЗ ППР являются методики, модели и программные продукты, которые могут применяться как непосредственно в процессе принятия решений, так и для создания других программных продуктов. Важной особенностью рассматриваемого ИНИР является предоставление доступа к методам ППР. Так, например, программные сервисы, описанные в онтологии, которые реализуют те или иные методы ППР и снабжены пользовательским интерфейсом, могут запускаться из ИНИР и использоваться для решения практических задач или ознакомления с работой методов. Web-сервисы могут использоваться программными агентами для реализации соответствующих методов ППР в каких-либо СППР.

Понятие «Раздел науки» для ОЗ ППР включает в себя смежные научные дисциплины, результаты которых используются в данной ОЗ.

Онтология научной деятельности является онтологией верхнего уровня и включает базовые понятия, относящиеся к организации научно-исследовательской деятельности, такие как *Персона*, *Организация*, *Событие*, *Деятельность*, *Публикация*, используемые для описания участников научной деятельности, мероприятий, научных программ и проектов, различного типа публикаций. На рисунке 1 они объединены в вершину «Прочее».

Во всех научных областях большую роль играет понятие *Интернет-ресурса*. *Интернет-ресурсы* могут быть связаны со всеми понятиями онтологии ОЗ. Их описание строится на основе базовой онтологии научных информационных ресурсов, включающих класс *Информационный ресурс* в качестве основного класса. Набор атрибутов и связей этого класса основан на стандарте Dublin core [6].

Онтология ППР должна быть связана с понятиями ПрО, в которых работают пользователи ИНИР ППР. Для того чтобы иметь возможность применить представленные в ИНИР методы для решения задач в конкретных ПрО, описания этих областей должны быть одинаково устроены. Это задаётся путём использования в качестве основы для построения онтологии конкретной ПрО метаонтологии ПрО, включающей такие базовые понятия, как *Объект управления*, *Идеальный объект*, *Состояние*. При специализации на определённую ПрО для

облегчения работы пользователей могут разрабатываться онтологии базового уровня, которые затем будут использоваться для построения онтологии конкретных ПрО.

Связь онтологии ППР и онтологии конкретной ПрО осуществляется путём отождествления таких сущностей, как *Объект* и *Предмет*, описанных в первой онтологии, с сущностями метаонтологии ПрО.

3 Онтология задач и методов поддержки принятия решений

Основным назначением ИНИР ППР является предоставление своим пользователям информации, систематизированной на основе онтологии ППР. Выделено несколько типов пользователей – ЛПР, инженеры знаний, программисты. Зачастую они сообща работают над решением общих задач. Каждый из них использует свою профессиональную терминологию и интересуется разными аспектами представленной на ресурсе информации. Особенно это касается понятий, связанных с разработкой и применением методов ППР. Чтобы все типы пользователей имели общую систему таких понятий, их описание было выделено в отдельную онтологию задач и методов ППР. Данная онтология имеет так называемую «вертикально-горизонтальную» структурную организацию [7], что позволяет представлять интересующие понятия в двух измерениях. Первое измерение («вертикальная структуризация») представляется в виде традиционной иерархической структуры, на каждом уровне которой понятия, представляющие интерес, описываются с разной степенью детализации. Второе измерение («горизонтальная структуризация») задаёт описание понятий с точки зрения разных типов специалистов, работающих над решением общей задачи.

В качестве общего ядра, на котором строится вертикально-горизонтальная онтология задач и методов ППР, выступает метаонтология задач и методов ППР. Такой способ двумерной структуризации области знаний с выделением общего ядра – инварианта, близок, по мнению автора, к фрактально-стратифицированному подходу, предложенному Л.В. Масель [8].

3.1 Метаонтология задач и методов ППР

Метаонтология задач и методов ППР содержит описание таких понятий, как *Задача*, *Метод*, *Вспомогательный метод*, *Модуль*, *Решатель*, *Входные данные*, *Результат*, *Ситуация*, *Проблемная ситуация*, *Альтернатива*, *Этап принятия решений*, а также отношения между ними (см. рисунок 2).

Процесс принятия решений состоит из нескольких *Этапов* [2,4,9]. На каждом этапе решаются свои задачи. *Задача* принимает *Входные данные* и вырабатывает некоторый *Результат*. Входными данными для задач являются *Ситуации*, каждая из которых представляет собой набор связанных отношениями объектов ПрО. Выделяется класс ПС, т.е. ситуаций, в которых значения атрибутов некоторых объектов выходят за область нормальных значений, либо критически близко подходят к её границам. Результатом решения задачи может быть *Сообщение*, *Ситуация* или *Задача*. *Сообщение* – это окончательный результат решения задачи, который пользователь принимает к сведению. *Ситуация* – это результат, который может быть подвергнут дальнейшему анализу. В зависимости от того, решалась ли прямая задача или обратная, ситуация может представлять собой последствия принимаемых решений или же начальные решения, которые должны привести к желаемым результатам. Если в качестве решения получено несколько ситуаций – *Альтернатив*, то может быть сгенерирована новая задача, которая будет оценивать полученные альтернативы и выбирать из них наиболее приемлемые.

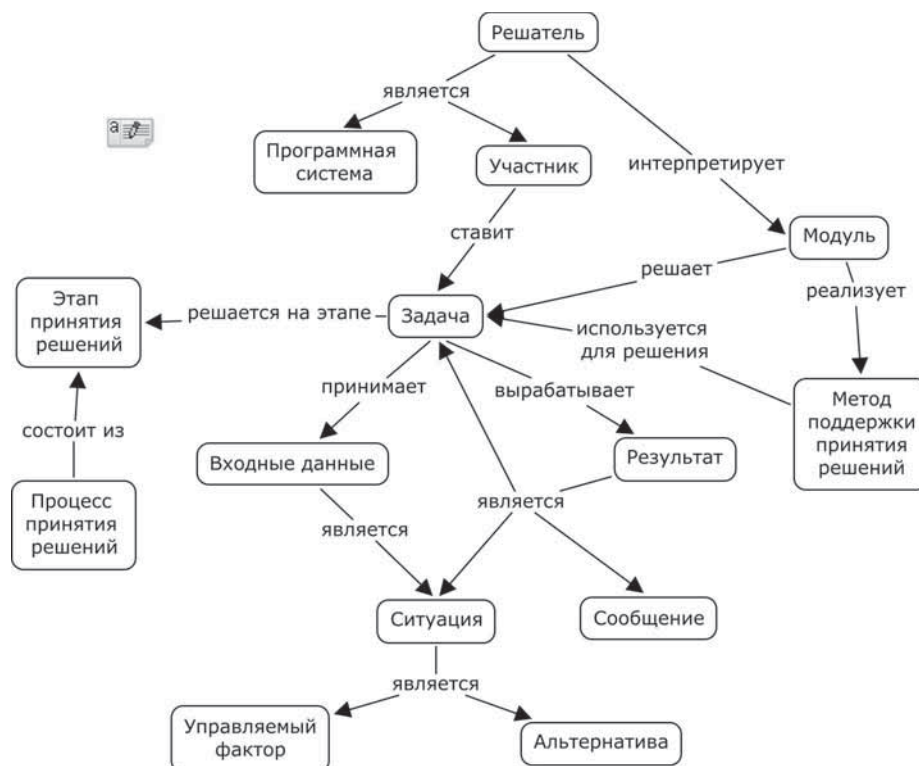


Рисунок 2 – Фрагмент метаонтологии задач и методов ППР

Для решения задач используются различные *Методы ППР*, которые, в свою очередь, могут использовать *Вспомогательные методы*. Некоторые методы могут иметь компьютерную реализацию, т.е. могут быть реализованы в некотором программном *Модуле*, который, в свою очередь, интерпретируется тем или иным *Решателем*. Другие методы не имеют программной поддержки. Реализующий их модуль представляет собой текстовое (возможно, формализованное) описание данного метода, а в качестве решателя, интерпретирующего такой модуль, выступает человек – *Участник* процесса принятия решений. Участниками могут быть ЛПР, различные *Активные группы*, *Эксперты* и *Специалисты* по принятию решений.

3.2 Классификация методов поддержки принятия решений

Основу любой онтологии составляет классификация её основных сущностей. В настоящее время не существует единой общепринятой классификации методов ППР. В литературе по теории принятия решений [2-4], как правило, систематизируются методы, применяемые на заключительных этапах принятия решений, такие, как методы оценки, кластеризации и выбора альтернатив. В работе [10], помимо традиционных для ТПР методов, описываются математические методы моделирования.

В рассматриваемой онтологии методы ППР делятся на 5 основных групп:

- методы моделирования;
- методы анализа данных;
- экспертные методы;
- методы рассуждений;
- вспомогательные методы.

На рисунке 3 показан фрагмент классификации методов ППР.

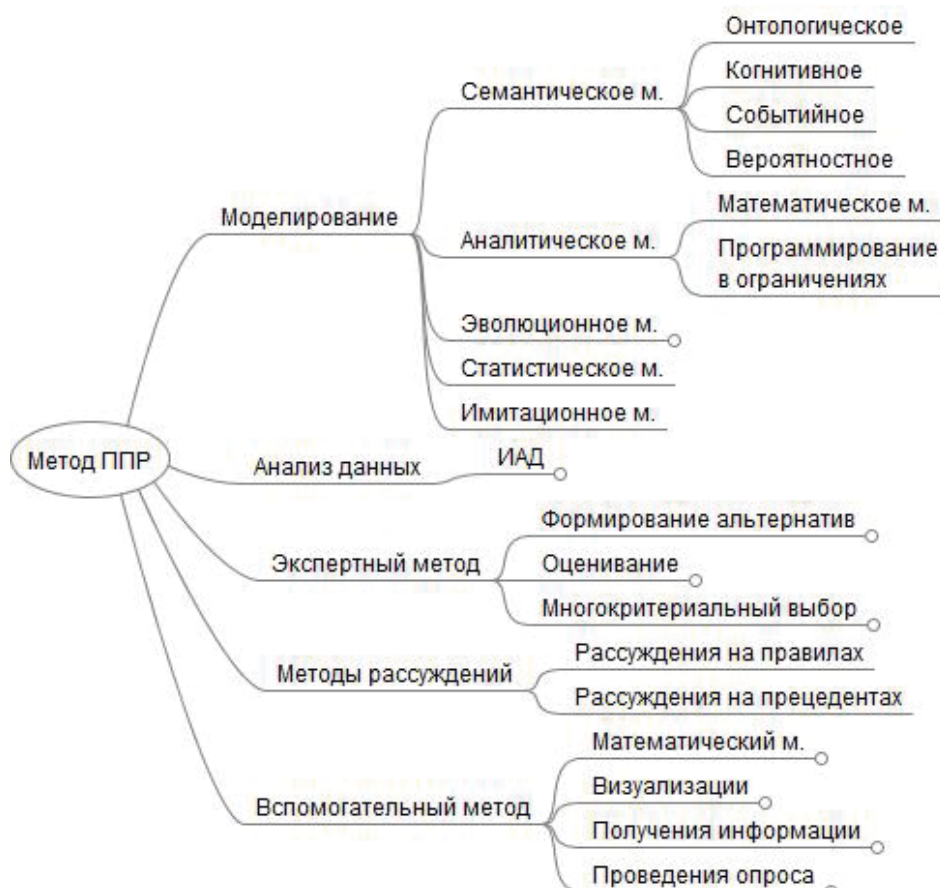


Рисунок 3 – Классификация методов поддержки принятия решений

Методы моделирования делятся на методы семантического, аналитического, эволюционного, статистического и имитационного моделирования. Эти методы позволяют построить модель ПрО, ПС, и, проанализировав её или проведя модельный эксперимент, установить суть и причины ПС, а также получить варианты её решения.

Методы семантического моделирования включают в себя четыре класса методов (рисунок 3). **Методы онтологического моделирования** предназначены для анализа ПрО и построения их онтологий [11-15]. **Методы когнитивного моделирования** используются для создания когнитивных карт, описывающих некоторые реальные ситуации [16-18]. Построение и анализ когнитивных карт позволяет установить причинно – следственные связи между факторами, описывающими ситуацию, и сделать прогноз её развития. **Методы событийного [18, 19] и вероятностного [19] моделирования** также позволяют проследить варианты развития ситуации, основываясь, соответственно, на joiner-сетях и Байесовском подходе.

Остальные методы моделирования (*аналитического, эволюционного, статистического, имитационного*) применяются, в основном, для решения структурированных задач. Однако если эти методы применяются в условиях работы Не-факторов [20], тогда они могут использоваться для решения слабоформализованных задач. Эффективными для ППР являются методы программирования в ограничениях, из которых наиболее универсальным является метод недоопределённых вычислений Нариньяни [20, 21]. Этот метод, подразумевая построение математической модели решаемой задачи, позволяет работать с неполными, неопределёнными данными.

Следующую группу методов ППР составляют **методы анализа данных**, в частности **интеллектуального анализа данных** (ИАД, Data mining) [22]. Эти методы позволяют находить

закономерности в данных, описывающих ПС, помогают анализировать ПС и находить пути её преодоления.

Экспертные методы ППР подразумевают непосредственное участие в их использовании экспертов – специалистов той ПрО, для которой ставится задача принятия решений. Эти методы можно разделить на три основные группы (рисунок 3). Методы *Формирования альтернатив* позволяют выработать варианты решения проблемы. Это, как правило, коллективные методы, среди которых хорошо известны такие, как *Мозговой штурм*, *Синектика*, метод *Сценариев* и другие. Методы *Оценивания* позволяют провести оценку альтернатив с использованием разных процедур проведения опроса экспертов и согласования их мнений. Наиболее известным методом этой группы является метод *Делфи*. Методы *Многокритериального выбора* позволяют оценить альтернативы по множеству критериев с учётом предпочтений ЛПР и последующим *Ранжированием*, *Кластеризацией* или *Выделением лучшей альтернативы*. Эти методы также бывают индивидуальными и коллективными. Среди индивидуальных методов известны такие методы, как *Дерево решений*, *Анализ иерархий*, *Вербальный анализ решений* и другие. Групповые методы многокритериального выбора включают методы *Голосования* и *Согласования* [2-4,10].

Методы рассуждений позволяют имитировать мыслительную деятельность эксперта при анализе ПС и поиске путей её разрешения. В тех случаях, когда в ПрО накоплено большое количество данных за большой период исследования, и ситуации повторяются, целесообразно применять метод рассуждений на основе *Прецедентов* (Case-base reasoning, CBR) [23]. Это метод позволяет найти в базе фактов прецедент, близкий к текущей ситуации и, проанализировав действия, которые применялись к похожему прецеденту, и их результаты, выбрать пути решения текущей проблемы. В случае, когда в ПрО имеются эксперты, способные и готовые передать и формализовать свои знания в виде продукционных правил, эффективным может оказаться метод рассуждений на основе *Экспертных правил* [24].

Вспомогательные методы, как правило, разрабатываются в рамках других научных дисциплин. *Математические методы* применяются для обработки числовых параметров решаемой задачи или сведённых к числовым параметрам качественных оценок. Это различные методы свёртки, нормирования, вычисления расстояния в многомерном пространстве, поиска оптимума целевой функции. *Визуальные методы* могут использоваться всеми методами для наглядного представления результатов. *Методы получения информации* очень важны на начальных этапах работы над решением задачи. К ним относятся методы работы с разными источниками знаний – экспертами и специальной литературой [11]. *Методы проведения опроса*, напротив, применяются на заключительных стадиях процесса принятия решений, когда альтернативы сформированы, критерии установлены и нужно организовать сбор мнений экспертов.

3.3 Этапы и задачи поддержки принятия решений

Процесс принятия решений является сложным и состоит из нескольких этапов. Г. Саймон выделял 3 этапа принятия решений: *Поиск информации*, *Поиск и формирование альтернатив*, *Выбор альтернативы* [25].

В настоящее время принято рассматривать этот процесс с большей степенью детализации. На рисунке 4 показаны основные этапы принятия решений, выделяемые многими исследователями, работающими в области принятия решений [4,5,11,12].



Рисунок 4 – Этапы принятия решений

Более детальное рассмотрение процесса принятия решений связано с возрастающей потребностью формализовать и структурировать задачи его начальных этапов. Решение задач этих этапов осуществляется, во многом, благодаря навыкам и умениям консультанта по принятию решений и ЛПР, является «узким местом» процесса принятия решений и нуждается в методологической поддержке.

Задача ППР, наряду с методом ППР, является ключевым понятием рассматриваемой ОЗ. Эти понятия тесно связаны между собой. От вида решаемой задачи зависит класс методов, который может быть применен для ее решения. В качестве примера на рисунке 5 показаны основания классификации задач ППР, предложенные в работе [2].

Задача, возникающая в ПрО, как правило, сложна и в процессе решения декомпозируется на подзадачи в соответствии с этапом, на котором она возникла. Наиболее естественной и практически полезной представляется классификация задач на основе этапов принятия решений.

3.4 Связь этапов, задач и методов поддержки принятия решения

3.4.1 Выявление проблемной ситуации и диагностика

На этом этапе решается задача *Анализа текущей ситуации* с целью обнаружения признаков некоторой ПС. В качестве таких признаков, например, могут служить отклонения значений параметров объектов от нормальных значений. Для решения этой задачи используются следующие методы (см. рисунок 6): *ИАД*, *Моделирование*, *Методы рассуждений* на основе экспертных правил или прецедентов.

Для того чтобы качественно решить задачу анализа, необходимо провести *Структуризацию ПрО*, т.е. построить её модель. В слабоструктурированных областях широко используются методы *Семантического моделирования*.

После того, как ПС выявлена, необходимо установить причины, которые привели к её возникновению (поставить диагноз). Для решения задач *Диагностики* применяются методы *Рассуждений* и *ИАД*.

3.4.2 Постановка цели и анализ факторов

Важным этапом принятия решений является *Постановка цели* (рисунок 7). Цель должна быть сформулирована так, чтобы её достижение полностью решало возникшую проблему. Однако полное решение проблемы может потребовать принятия многих решений. Если в результате диагностики ПС было установлено несколько причин, то каждая из них порождает самостоятельную подпроблему, для решения которой необходимо сформулировать соответствующую подцель. Тогда общая цель распадается на подцели. Каждая подпроблема, в свою очередь, также может иметь несколько причин. Поэтому соответствующие подцели разделяются на ещё более конкретные и частные цели, достижение которых решает «вышестоя-

щую» проблему. Этот процесс называется *Построением дерева целей* и продолжается до тех пор, пока не дойдет до первопричин решаемой проблемы [9].

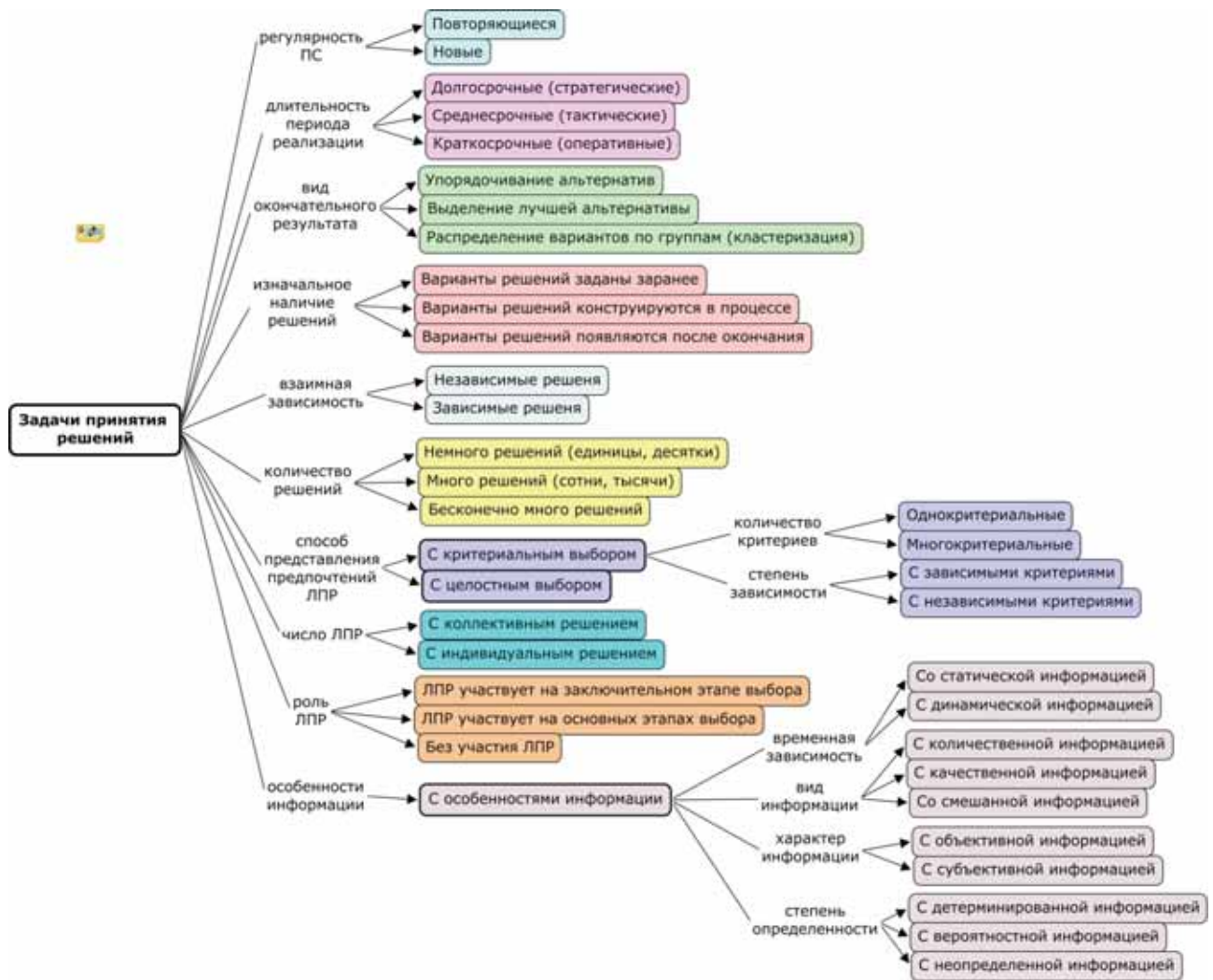


Рисунок 5 – Основания классификации задач ППР

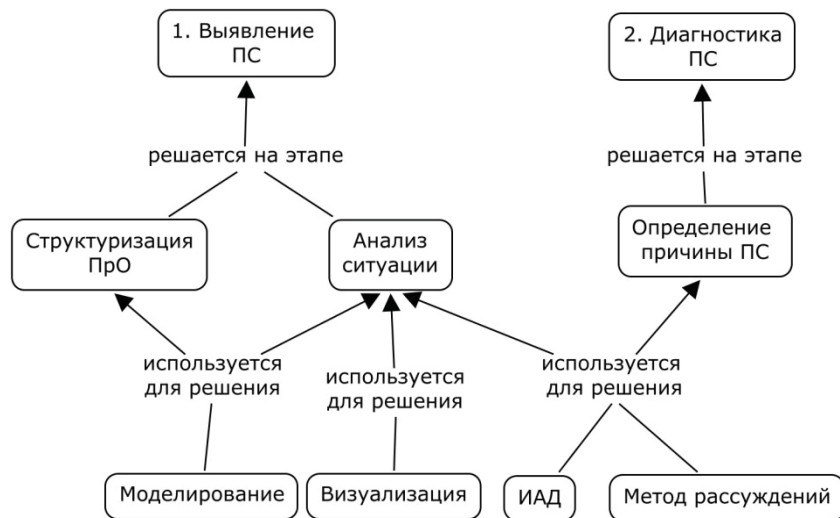


Рисунок 6 – Этапы Выявление и Диагностика ПС

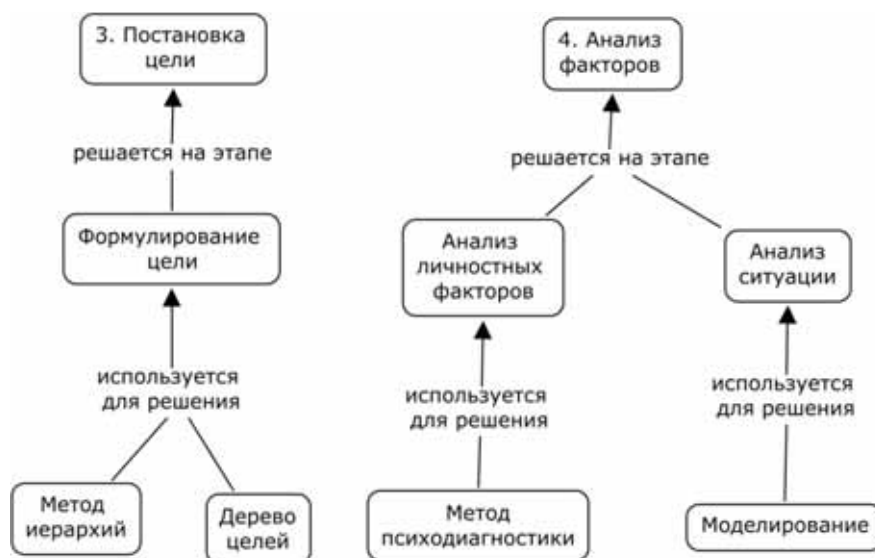


Рисунок 7 – Этапы Постановка цели и Анализ факторов

Для осознания преследуемых целей может быть использовано *Построение иерархий* по Саати [26]¹.

Прежде чем приступить к непосредственному разрешению ПС, необходимо всесторонне проанализировать и учесть факторы, которые могут повлиять на решение. На этом этапе ставятся задачи *Анализа личностных факторов* и *Анализа ситуации* (рисунок 7). Решение первой задачи направлено на выявление психических состояний и индивидуальных свойств личности ЛПР с целью лучшего понимания его особенностей и состояния, которые могут помешать при принятии важных решений. Для решения этой задачи используются *Методы психодиагностики*.

Задача *Анализа ситуации* призвана выявить и учесть факторы, которые будут оказывать воздействие на результат принятия решений. Так, например, если у пациента имеются сопутствующие заболевания, то для лечения основного заболевания ему не может быть назначено лечение, противопоказанное при сопутствующем заболевании. Для решения данной задачи используются методы *Моделирования* и, в частности, построение *Когнитивных карт*.

3.4.3 Разработка альтернатив

После выявления причин возникновения ПС и постановки цели решаются задачи выработки *Альтернатив* её решения (рисунок 8).

Реализация *Альтернативы* должна решить возникшую проблему. Для выработки альтернатив применяются как компьютерные, так и коммуникативные методы:

- рассуждений;
- анализа иерархий;
- анализа когнитивных карт;
- моделирования;
- экспертные (мозговой штурм, метод сценариев).

¹ Обращаем внимание наших читателей на статью профессора С.А. Пиявского «Как «нумеризовать» понятие «важнейшее»», опубликованную в этом номере журнала. В ней предложена модификация широко известного метода анализа иерархий Т. Саати, повышающая обоснованность и простоту использования этого метода.

3.4.4 Оценка и выбор альтернатив

На данном этапе решаются задачи *Оценки* и *Выбора* альтернатив (рисунок 9). Для альтернатив выбирается набор *Критериев*, по которым альтернативы будут оцениваться, а также *Шкала*, в которой будет проводиться оценка. Для её решения используются методы *Экспертных оценок* и методы *Моделирования*.



Рисунок 8 – Этап Разработка альтернатив

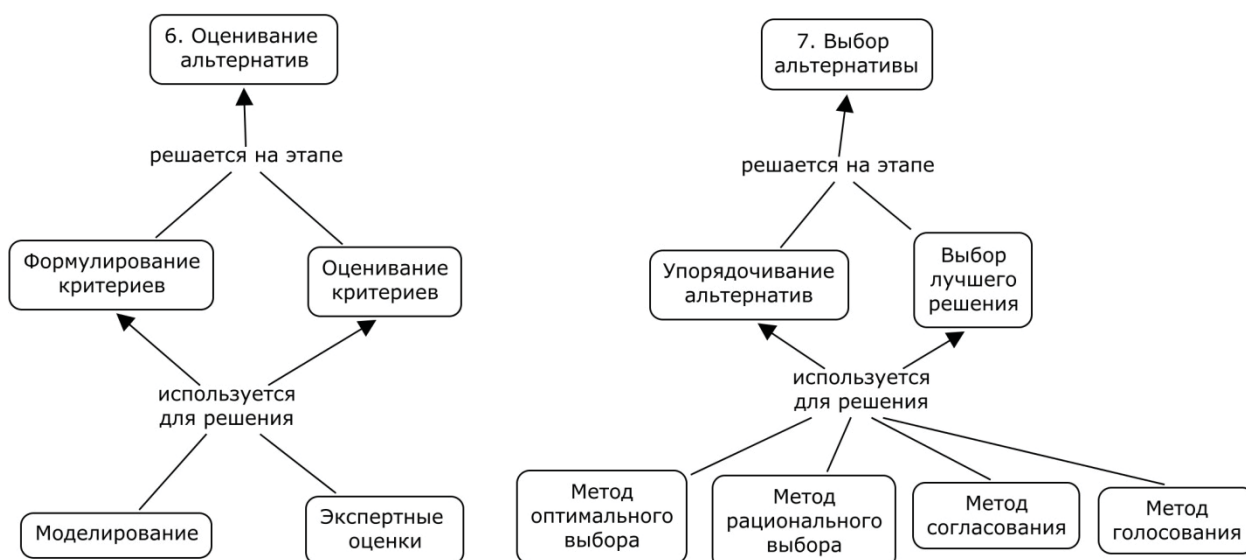


Рисунок 9 – Этапы Оценка и Выбор альтернатив

Если для задачи задана аналитическая модель, то проводится объективное оценивание альтернатив с использованием *Методов оптимизации*. В других случаях для оценивания альтернатив используются различные экспертные методы.

На этапе *Выбора альтернативы* решаются задачи *Упорядочивания* или *Определения лучшей* с точки зрения ЛПР альтернативы.

Если для оценки альтернатив привлекались эксперты, то для выбора окончательного решения применяются различные *Экспертные методы*.

Заключение

Представленная онтология является основой ИНИР ППР и служит для формализации и систематизации различных видов знаний, данных и средств обработки и анализа информации, интегрируемых в информационное пространство ИНИР, и для организации удобного содержательного доступа к ним.

Описываемая онтология ОЗ является расширением классической ТПР, которая, в основном, фокусируется на задачах, возникающих на заключительных этапах процесса принятия решений – оценивания и выбора альтернатив. Разработка данной онтологии является попыткой систематизировать знания, относящиеся также и к начальным этапам процесса принятия решений, создать основу для поддержки экспертов и ЛПР на этих этапах, задачи которых считались неформализуемыми и творческими.

Подчёркивается особая роль в рассматриваемой области знаний таких понятий, как *Задача* и *Метод ППР*, их взаимосвязь с этапами процесса принятия решений. Онтология ППР, помимо основных понятий, представляющих данную научную область, содержит также понятия, описывающие программные разработки и Интернет-ресурсы, созданные в рамках этой области, а также осуществляемую в ней деятельность.

При создании онтологии была использована методология разработки онтологий для ИНИР [1], согласно которой онтология строится на основе небольшого набора базовых онтологий путём дополнения и конкретизации содержащихся в них понятий. Технология, с помощью которой разрабатывается ИНИР ППР, использует средства Semantic Web. Онтология, представленная в OWL-формате, играет роль спецификации структуры данных ИНИР, размещенных в RDF-хранилище. Для разработки онтологии ППР использовались средства графических редакторов СMap [27] и FreeMind [28] и редактора онтологий Protégé [29].

Благодарности

Статья подготовлена по итогам исследования, проведённого в рамках проекта Российского фонда фундаментальных исследований № 16-07-00569 и проекта программы Президиума РАН № 15/10.

Список источников

- [1] *Загорулько, Ю.А.* Технология создания тематических интеллектуальных научных Интернет-ресурсов, базирующаяся на онтологии / Ю.А. Загорулько, Г.Б. Загорулько, О.И. Боровикова // Программная инженерия, 2016, Т. 7, № 2. – С. 51-60.
- [2] *Петровский, А.Б.* Теория принятия решений / А.Б. Петровский. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.
- [3] *Афоничкин, А. И.* Управленческие решения в экономических системах / А. И. Афоничкин, Д.Г. Михаленко // Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2009. — 480 с.
- [4] *Ларичев, О. И.* Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в Волшебных странах / О.И. Ларичев // Учебник. - М.: Логос, 2000. - 296 с.
- [5] *Ларичев, О. И.* Наука и искусство принятия решений / О. И. Ларичев. – М.: Наука, 1979. – 200 с.
- [6] *Hillmann, D.* Using Dublin Core. / D. Hillmann // – <http://dublincore.org/documents/usageguide/> (дата обращения 30.10.2016).
- [7] *Загорулько, Г.Б.* Подход к разработке онтологии задач и методов поддержки принятия решений / Г.Б. Загорулько, Ю.А. Загорулько // Труды 13-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. -Т.2. -С.185-192.
- [8] *Массель, Л.В.* Фрактальный подход к структурированию знаний и примеры его применения / Л.В. Массель // Онтология проектирования. – 2016. –Т. 6, №2 (20). – С. 149-161. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-2-149-161.

- [9] **Кулагин, О.А.** Принятие решений в организациях / О.А. Кулагин. – СПб.: Издательский дом «Сентябрь», 2001.
- [10] **Орлов, А.И.** Эконометрика / А.И. Орлов. – М.: Изд-во "Экзамен", 2002.–576 с.
- [11] **Гаврилова, Т.А.** Интеллектуальные технологии в менеджменте / Т. А. Гаврилова, Д. И. Муромцев. – Издательство: Высшая школа менеджмента, 2008 г. - 488 с.
- [12] **Массель, Л.В.** Применение онтологий в исследованиях и поддержке принятия решений в энергетике / Л.В. Массель, Т.Н. Ворожцова, А.Н. Копайгородский, Н.Н. Макагонова, С.К. Скрипкин // Информационные и математические технологии в науке и управлении // Всероссийская конференция «Знания-Онтология-Теория (ЗОНТ-13)»: труды. – Новосибирск: ИМ СО РАН. Т. 2. - С. 29-38.
- [13] **Копайгородский, А.Н.** Применение онтологий в семантических информационных системах / А.Н. Копайгородский. // Онтология проектирования. – 2014. – №4(14). – С.78-89.
- [14] **Боргест, Н.М.** Онтологии: современное состояние, краткий обзор / Н.М. Боргест, М.Д. Коровин // Онтология проектирования. – 2013. – №2(8). – С. 49-55.
- [15] **Смирнов, С.В.** Онтологическое моделирование в ситуационном управлении / С.В. Смирнов // Онтология проектирования, 2012. № 2 (4). - С. 16-24.
- [16] **Кулинич, А.А.** Семиотические когнитивные карты. Ч. 1. Когнитивный и семиотический подходы в информатике и управлении / А.А. Кулинич // Проблемы управления, 1 (2016), – С.2–10.
- [17] **Кулинич, А.А.** Семиотические когнитивные карты. Ч. 2. Основные определения и алгоритмы / А.А. Кулинич // Проблемы управления, 2 (2016), – С.24–40.
- [18] **Массель, Л.В.** Семантические технологии на основе интеграции онтологического, когнитивного и событийного моделирования / Л.В. Массель, А.Г. Массель //Материалы III международной научно-технической конференции «OSTIS-2013». – Беларусь, Минск: БГУИР, 2013. – С. 247-250.
- [19] **Массель, Л.В.** Применение байесовских сетей доверия для интеллектуальной поддержки исследований проблем энергетической безопасности / Л.В. Массель, Е.В. Пяткова // Вестник ИрГТУ.№2. 2012. - С. 8-13.
- [20] **Нариньяни, А.С.** НЕ-ФАКТОРЫ: неточность и недоопределённость - различие и взаимосвязь / А.С. Нариньяни // Изв. РАН, Теория и системы управления. - 2000.- N.5. - С.44-56.
- [21] **Загоруйко, Г.Б.** Метод недоопределённых вычислений как средство поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях / Г.Б. Загоруйко, В.А. Сидоров // Информационные и математические технологии в науке и управлении. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2016. № 4-1. - С. 27-36.
- [22] **Загоруйко, Н.Г.** Когнитивный анализ данных / Н.Г. Загоруйко. – Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2012 г. – 186 с.
- [23] **Варшавский, П.Р.** Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Искусственный интеллект и принятие решений, № 2, 2009. - С. 45-57.
- [24] **Загоруйко, Ю.А.** Онтологический подход к разработке системы поддержки принятия решений на нефтегазодобывающем предприятии / Ю.А. Загоруйко, Г.Б. Загоруйко // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2012. Том.10, выпуск 1. – С. 121-128.
- [25] **Simon, H.A.** The New Science of Management Decision / H.A. Simon – N. Y.: Harper and Row Publishers, 1960.
- [26] **Саати, Т.Л.** Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати – М.: Радио и связь, 1993.– 278 с.
- [27] IHMC StarTool – свободно распространяемый инструментарий для построения концептуальных карт знаний – <http://star.ihmc.us/> (дата обращения: 22.11.2016).
- [28] FreeMind – свободно распространяемое программное обеспечение для построения интеллект-карт – http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php?Main_Page (дата обращения: 22.11.2016).
- [29] Protégé. Свободный редактор онтологий с открытым исходным кодом и фреймворк для построения интеллектуальных систем – <http://protege.stanford.edu/> (дата обращения: 14.11.2016).
-

DEVELOPMENT OF ONTOLOGY FOR INTELLIGENT SCIENTIFIC INTERNET RESOURCE DECISION-MAKING SUPPORT IN WEAKLY FORMALIZED DOMAINS

G.B. Zagorulko

*A.P. Ershov Institute of Informatics Systems Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
gal@iis.nsk.su*

Abstract

The paper presents the ontology of knowledge area "Decision-making support in weakly formalized domains". The questions connected with a context of intended use of the ontology are considered. This ontology is developed as conceptual base of an intelligent scientific Internet resource which contains the systematized information on this knowledge area, provides content-based access to the information, methods of its processing, and also to methods of the solution of typical tasks. The paper shows that the knowledge area described by the ontology is extension of the classical theory of decision making which focuses its researches substantially on the questions relating to forming, estimation and the choice of versions of the solution of problem situations, i.e. the final stages of decision making. In compliance with this fact the presented ontology describes along with concepts of the classical theory of decision making the methods and facilities obtained in allied branch of science which can be successfully applied in decision making process, including its initial stages. The ontology contains also the concepts allowing to describe the software tools and Internet resources created in the considered area as well as the activities performed in it.

Key words: *ontology, scientific Internet resource, decision-making support, weakly formalized domain.*

Citation: *Zagorulko GB. Development of ontology for intelligent scientific internet resource decision-making support in weakly formalized domains. Ontology of designing. 2016; 6(4): 485-500. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500.*

Acknowledgment

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research № 16-07-00569 and programs of the Presidium of the Russian Academy of Sciences, number 15/10.

References

- [1] *Zagorulko YuA, Zagorulko GB, Borovikova OI.* Technology for building subject-based intelligent scientific internet resources based on ontology [In Russian]. *Software Engineering*, 2016, V.7 № 2: 51-60.
- [2] *Petrovskij AB.* The theory of decision-making. [In Russian]. – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2009. – 400 p.
- [3] *Afonichkin AI, Mihalenko DG.* Upravlencheskie reshenija v jekonomicheskikh sistemah [In Russian]. Textbook. — SPb.: Piter, 2009. — 480 p.
- [4] *Larichev OI.* Teorija i metody prinjatija reshenij, a Takzhe Hronika sobytij v Volshebnyh Stranah [In Russian]. Textbook. - M.: Logos, 2000. –296 p.
- [5] *Larichev OI.* Nauka i iskusstvo prinjatija reshenij [In Russian]/ – M.: Nauka, 1979. – 200 p.
- [6] *Hillmann D.* Using Dublin Core — <http://dublincore.org/documents/usageguide/> (last visited 30.10.2016).
- [7] *Zagorulko GB, Zagorulko YuA.* Approach to building the task and decision support methods ontology [In Russian]. Proc. of the XIII Russian national conference on artificial intelligence with the international participation CAI-2012 (Belgorod: BSTU, 2012) -V.2: 185-192
- [8] *Massel' LV.* Fractal approach to knowledge structuring and examples of its application [In Russian]. *Ontology of designing*, 2016; v.6, 2(20): 149-161. - DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-2-149-161.
- [9] *Kulagin OA.* Prinjatie reshenij v organizacijah [In Russian]. – SPb.: Izdatel'skij dom «Sentjabr», 2001.
- [10] *Orlov AI.* Jekonometrika [In Russian]. Textbook. - M.: Izd-vo "Jekzamen", 2002. – 278 p.
- [11] *Gavrilova TA, Muromcev DI.* Intellektual'nye tehnologii v menedzhmente [In Russian]. – Izdatel'stvo: Vysshaja shkola menedzhmenta, 2008. –488 p.
- [12] *Massel' LV, Vorozhova TN, Kopygorodsky AN, Makagonova NN, Skripkin SK.* The application of ontologies in research and decision support in the energy sector [In Russian]. Proc. of Russian Conference "Knowledge-Ontology-Theory (KONT-13)": Novosibirsk. Mathematics Institute of SB RAS. V. 2: 29-38.

- [13] **Kopaygorodsky AN.** Use of ontologies in semantic information systems [In Russian]. *Ontology of designing*. – 2014. – №4 (14): 78-89.
- [14] **Borgest NM, Korovin MD.** Ontologies: current state, short review [In Russian]. *Ontology of designing*. – 2013. – №2(8): 49-55.
- [15] **Smirnov SV.** Ontological modeling in situational management [In Russian]. *Ontology of designing*. – 2012. – №2(4): 16-24
- [16] **Kulinich AA.** Semiotic cognitive maps. Part 1. Cognitive and semiotic approaches in informatics and control sciences [In Russian]. *Control sciences*, 1 (2016): 2–10.
- [17] **Kulinich AA.** Semiotic cognitive maps. Part 2. The basic definitions and algorithms [In Russian]. *Control sciences*, 2 (2016): 24–40.
- [18] **Massel' LV, Massel' AG.** Semantic technologies based on the integration of the ontological, cognitive and event modeling [In Russian]. *Proc. III International Scientific Conference OSTIS-2013, Minsk. BGUIR, 2013: 247-250.*
- [19] **Massel' LV, Pjatkova EV.** Application of Bayesian belief networks to intelligent support in research of energy security problems [In Russian]. *Bulletin of the Irkutsk State Technical University*, 2012; №2: 8-13.
- [20] **Narin'jani AS.** NE-FAKTORY: Netochnost' i Nedoopredelennost' - razlichie i vzaimosvjaz' [In Russian]. *Izv. RAN, Teor. i sist. upr.* - 2000. - N.5: 44-56.
- [21] **Zagorulko GB, Sidorov VA.** The method of subdefinite calculations as a mean of decision support in weakly-formalized domains [In Russian]. *Information and mathematical technologies in science and management. Irkutsk: MESI SB RAS. 2016. № 4-1: 27-36.*
- [22] **Zagorujko NG.** Kognitivnyj analiz dannyh [In Russian]. – Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo «GEO», 2012. – 186 p.
- [23] **Varshavskij PR, Ereemeev AP.** Modelirovanie rassuzhdenij na osnove precedentov v intellektual'nyh sistemah podderzhki prinjatija reshenij [In Russian]. *Iskusstvennyj intellekt i prinjatje reshenij*, 2009, № 2: 45-57.
- [24] **Zagorulko YuA, Zagorulko GB.** Ontological approach to development of the decision support system for oil-and-gas production enterprise [In Russian]. *Novosibirsk State University Journal of Information Technologies*, 2012; V 10(1): 121-128.
- [25] **Simon HA.** *The New Science of Management Decision* – N. Y.: Harper and Row Publishers, 1960.
- [26] **Saati TL.** Making decisions. The Analytic Hierarchy Process [In Russian]. – M.: Radio i svjaz', 1993. – 278 p.
- [27] IHMC CmapTools. – <http://cmap.ihmc.us/> (last visited: 22.11.2016).
- [28] FreeMind – free mind mapping software – http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page (last visited: 22.11.2016).
- [29] Protégé. A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems – <http://protege.stanford.edu/> (last visited 14.11.2016).

Сведения об авторах



Загорулько Галина Борисовна, 1963 г. рождения. Окончила Новосибирский государственный университет в 1985 г. Научный сотрудник Института систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, старший преподаватель кафедры программирования Новосибирского государственного университета. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 70 публикаций в области искусственного интеллекта, разработки интеллектуальных систем, инженерии знаний, онтологического моделирования, поддержки принятия решений.

Zagorulko Galina Borisovna (b.1963) graduated from the Novosibirsk State University in 1985. She is researcher at A.P. Ershov Institute of Siberian Branch of Informatics Systems of Russian Academy of Science (Novosibirsk city), senior lecturer at Novosibirsk State University (Department of Mechanics and Mathematics), He is member of Russian Association of Artificial Intelligence. She is author of more than 70 publications in the field of AI, intelligent system development, knowledge engineering, ontological modeling and decision-making support.

УДК 629.7.023+004.85

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ТЕЛА ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

А.В. Болдырев¹, М.В. Павельчук²

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королёва, Самара, Россия

¹bolav@ssau.ru, ²pmv90aircraft@gmail.com

Аннотация

В статье рассмотрены принципы обучения топологическому проектированию конструкций. Приведена онтология предметной области «Проектирование силовой схемы конструкций». Предложена методика обучения автоматизированному проектированию силовых схем конструкций с применением модели деформируемого твёрдого тела переменной плотности. Учебный процесс основывается на методах креативной педагогики и осуществляется в среде учебно-научного виртуального предприятия. Представлена классификация учебных заданий на проектирование силовых схем конструкций. Задания характеризуются множественностью технических решений и неопределённостью в процессе принятия решений по рациональной силовой схеме конструкции. Приведён пример учебной задачи с пространственной проектной областью, иллюстрирующий проектирование силовой схемы фюзеляжа самолёта в зоне выреза на основе модели деформируемого твёрдого тела переменной плотности. Рассмотрены вопросы диагностики результатов обучения топологическому проектированию конструкций. Представлены результаты педагогического эксперимента, демонстрирующие работоспособность предлагаемой методики обучения.

Ключевые слова: проектирование, топологическая оптимизация, континуальная модель, обучение, тезаурус, принятие решений, педагогический эксперимент.

Цитирование: Болдырев, А.В. Методика обучения топологическому проектированию конструкций на основе моделей тела переменной плотности / А.В. Болдырев, М.В. Павельчук // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 501-513. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-501-513.

Введение

В подготовке кадров для отраслей машиностроения важной задачей является разработка теоретических основ обучения автоматизированному проектированию. Один из ключевых вопросов в этом направлении – подготовка специалистов, обладающих знаниями и умениями, позволяющими проектировать силовые схемы конкурентоспособных изделий. Силовая схема конструкции (ССК) определяется следующими параметрами: количеством и типом силовых элементов, их расположением в пространстве и способами соединения между собой [1]. Процесс поиска рациональных параметров ССК называется топологической оптимизацией конструкции [2, 3]. Решение этой задачи предопределяет весовое совершенство объектов проектирования и характеризуется множественностью технических решений, реализующих ССК.

В работах [1, 4] изложены теоретические основы автоматизированного проектирования рациональной структуры конструкции с использованием деформируемого твёрдого тела переменной плотности и жёсткости, называемого далее континуальной моделью. Конечно-элементная модель (КЭМ) тела переменной плотности образуется элементами гипотетической непрерывной упругой среды, которая заполняет допустимое геометрическое пространство проектируемой конструкции. Оптимизация распределения материала в континуальной

модели позволяет с использованием стратегии [1] из непрерывной среды сформировать рациональную ССК. В [5, 6, 7] предложен метод проектирования на основе поэтапного замещения в континуальной модели элементов гипотетического материала переменной плотности силовыми элементами, реализующими принятые технические решения по ССК. В настоящей статье предлагается методика обучения топологическому проектированию конструкций с использованием континуальной модели. Методика предназначена для подготовки студентов, обучающихся на авиационных специальностях ВУЗов, и может применяться для переподготовки инженеров-проектировщиков машиностроительных предприятий.

1 Организация обучения топологическому проектированию

Целью обучения топологическому проектированию конструкций является формирование у студентов умений и навыков, представленных на рисунке 1 (их следует читать в виде: обучающийся «способен ...»).

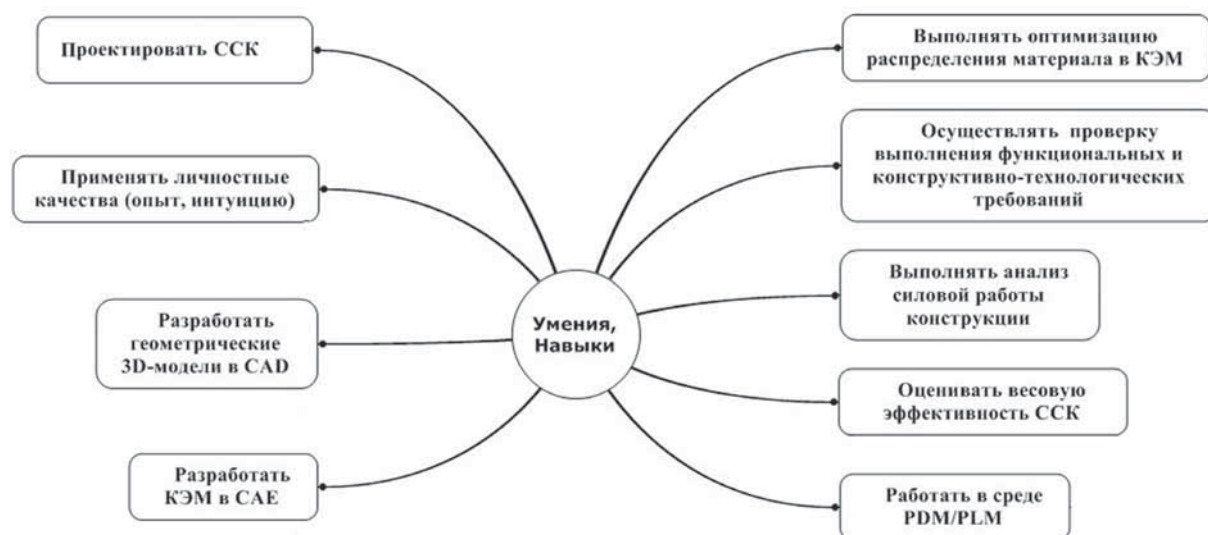


Рисунок 1 – Умения и навыки, формируемые в результате подготовки специалиста по проектированию ССК

Методика обучения формируется с использованием следующих принципов.

Принцип преемственности. Развитие методологии обучения должно учитывать методические правила и приёмы, сложившиеся в предметной области (Про). В обучении топологическому проектированию конструкций применимы принципы, сформулированные в [8, 9] и предназначенные для подготовки инженеров-конструкторов в среде автоматизированных систем обучения, используемых в качестве «инженерных тренажёров». К таким принципам, направленным на развитие интуиции, творческих способностей и приобретение студентами профессиональных навыков, относятся:

- формулирование учебных проектных задач в оптимизационной постановке;
- эвристический поиск решения проектных задач;
- создание игровых ситуаций;
- повторяемость проблемных ситуаций в учебном процессе;
- оперативное предъявление обучающей информации с применением средств компьютерной графики в визуальной форме;
- накопление информации о ходе и результатах решения учебных заданий.

Принцип работы в команде. С педагогической точки зрения решение задач в коллективе, когда поддерживается соревновательная ситуация, эффективнее индивидуального обучения.

Принцип непрерывного развития технических решений. Коллективный поиск решений позволяет подвергать критике принимаемые идеи, повторно их осмысливать и выявлять ошибочные технические решения. Процесс упорядоченного улучшения характеристик принимаемых решений способствует приобретению устойчивых профессиональных навыков и направлен на развитие творческих способностей обучающихся.

Принцип ситуативности обучения. Обучение автоматизированному проектированию строится на основе моделирования в учебном процессе проектных ситуаций, которые возникают в практической работе проектных отделов. Важным аспектом этого принципа является управление проектным документооборотом в среде учебно-научного виртуального предприятия [10]. Виртуальное предприятие разрабатывается на базе высшего учебного заведения и имитирует работу в едином информационном пространстве промышленного предприятия. Хранение математических моделей и документов, контроль целостности информации и прав доступа осуществляется в PLM-системе. Управление учебными проектами от выдачи заданий на проектирование до контроля их выполнения реализуется по технологии *Workflow* [11].

Процесс обучения реализуется поэтапно, когда в начале занятий обучающиеся знакомятся с необходимыми действиями, а в основной части занятий выполняют их практически на основе изученных процессов. Для повышения эффективности этого процесса используется онтология ПрО «Проектирование ССК» в форме тезауруса.

2 Тезаурус предметной области

Целью использования тезауруса в учебном процессе является получение точных и непротиворечивых определений каждого термина. Тезаурус рассматриваемой ПрО систематизирует понятия, используемые при топологическом проектировании конструкций. Он построен на основе отношений “род-вид” и ассоциативных связей [12]. Тезаурус входит в онтологию ПрО «проектирование самолёта» [13]. Масштаб онтологии ограничен рассмотрением ранних стадий проектирования силовых конструкций. Фрагмент онтологии «Проектирование ССК» представлен на рисунке 2. В качестве онтологического редактора выбрана система Protégé.

Декомпозиция классов выполнена на основе нисходящей разработки иерархии понятий. Видовые понятия корневого класса характеризуют постановку задачи оптимизации (целевая функция, ограничения, проектные переменные), процессы проектирования и математические модели.

Множественность вариантов ССК определяется классом «параметры ССК». Так, проектируемая конструкция может состоять из различного количества силовых элементов. Тип каждого силового элемента может принимать следующие значения:

- стержень, работающий только на растяжение или сжатие,
- стержень, работающий на растяжение – сжатие и изгиб,
- пластина, воспринимающая только сдвиговые нагрузки в своей плоскости,
- мембранная пластина,
- изгибно-мембранная пластина,
- другие типы.

Кроме того, выбранные силовые элементы могут по-разному располагаться в пространстве и соединяться между собой. Из всего многообразия силовых схем, определяемого воз-

возможными комбинациями параметров ССК, конструктору необходимо выбрать вариант, обеспечивающий оптимальное значение функции цели при выполнении конструктивно-технологических и функциональных ограничений. В качестве критерия оптимальности для транспортных средств часто используется минимум массы конструкции, а конструктивно-технологические ограничения часто сводятся к геометрическим ограничениям.

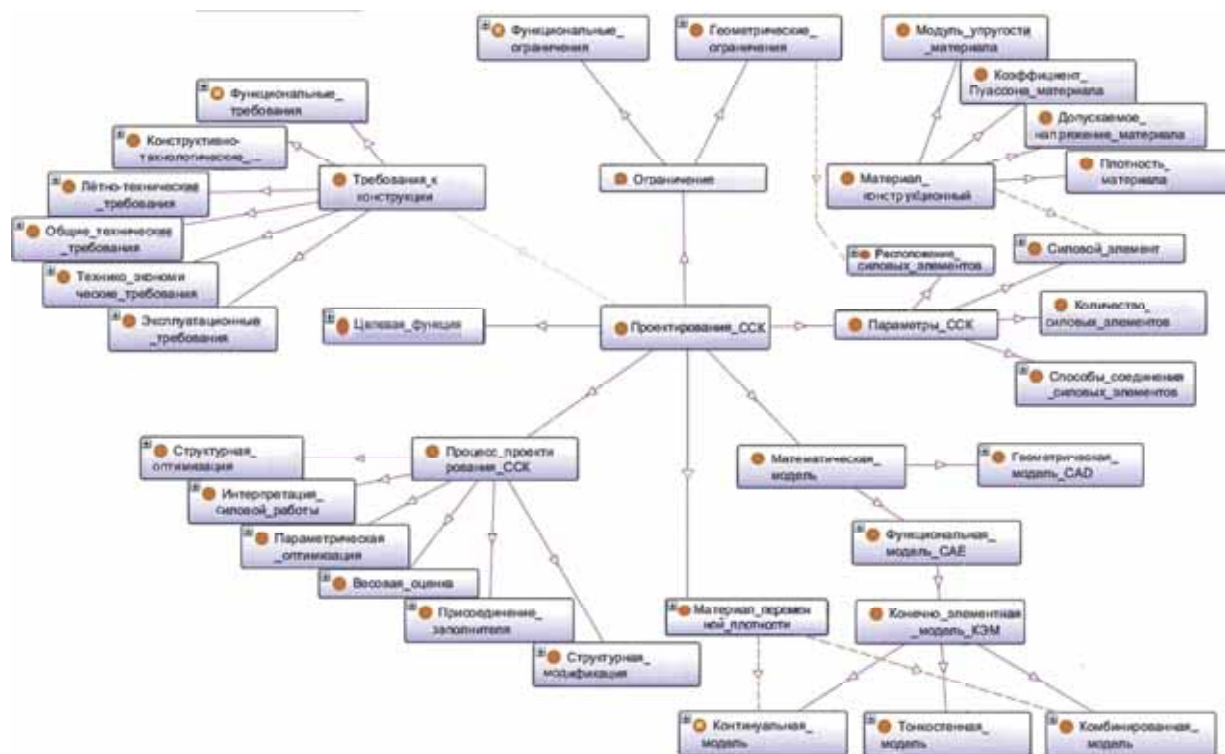


Рисунок 2 – Фрагмент онтологии «Проектирование ССК»

Моделируемые процессы проектирования ССК представлены на рисунке 3. В ходе топологического проектирования конструкции последовательно разрабатываются КЭМ различного уровня. В *блоке 1* формируется континуальная модель, которая заполняет всё допустимое геометрическое пространство проектируемой конструкции и представляет собой КЭМ первого уровня (КЭМ-1) [14]. Эта модель потенциально включает в себя все мыслимые ССК, которые могут быть образованы сгустками плотности гипотетического материала. На этапе структурной оптимизации за проектные переменные принимаются плотности материала в элементах КЭМ-1 и минимизируется масса конструкции. Для выполнения условий прочности, жёсткости и устойчивости упругой системы применяются алгоритмы, разработанные в работе [15]. В результате в *блоке 2* определяется теоретически оптимальная конструкция (ТОК). Далее выполняется анализ силовой работы ТОК с использованием эвристической стратегии [1], и в *блоке 3* с учётом конструктивно-технологических требований, предъявляемых к объекту проектирования, принимаются технические решения по структуре конструкции. В *блоке 4* разрабатывается КЭМ второго уровня (КЭМ-2) [14], которая образуется выбранной совокупностью силовых элементов, выполненных из конструкционного материала.

Весовая оценка конструкции осуществляется с использованием критерия «силовой фактор» G , который характеризует одновременно величину и протяжённость действия внутренних усилий в конструкции [16]:

$$(1) \quad G = \int_V \sigma^{\text{экв}} dV,$$

где $\sigma^{\text{экв}}$ – эквивалентное напряжение, V – объём материала конструкции.



Рисунок 3 – Процессы проектирования ССК

На процесс формирования ССК в *блоке 3* существенное влияние оказывает опыт конструктора [14], что создаёт риск принятия ошибочных технических решений. Поэтому для усовершенствования ССК к КЭМ-2 присоединяется гипотетическая непрерывная упругая среда переменной плотности [5, 6], далее именуемая заполнителем. В *блоке 6* формируется комбинированная модель (КЭМ-3), составленная из конструктивных элементов и элементов заполнителя. Оптимизация плотности в заполнителе КЭМ-3 и интерпретация силовой работы упругой системы позволяют выявить пути модифицирования ССК за счёт изменения расположения имеющихся силовых элементов или добавления дополнительных элементов. Процесс проектирования продолжается, пока очередные изменения параметров ССК приводят к снижению массы конструкции (*блок 5*). Примеры топологического проектирования конструкций на основе разработки моделей различного уровня с использованием процессов структурной оптимизации и структурной модификации содержатся в работах [7, 14].

3 Классификация учебных задач

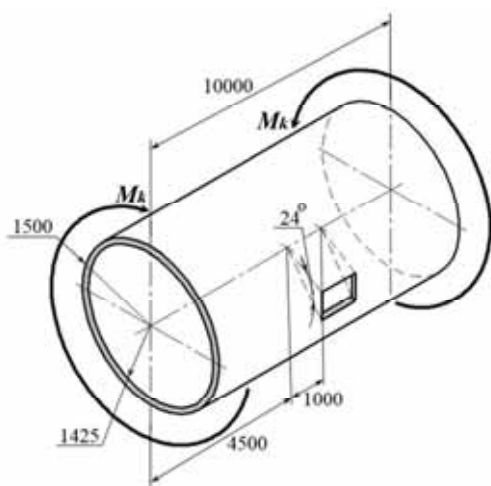
Для реализации методики обучения разработан цикл лабораторных работ на основе специально подобранных заданий на проектирование конструкций. По известным геометрическим размерам проектной области, внутри которой может размещаться конструкция, а также по заданным нагрузкам и закреплениям требуется найти рациональную ССК. Учебные задания на проектирование ССК помещены в базу данных [17]. На рисунке 4 показана классификация учебных заданий, выполненная на основе последовательности дихотомических делений. Основаниями для деления являются взаимное расположение нагрузок и закреплений конструкции, а также форма проектной области. В классе «плоские задачи» нагрузки и за-

крепления лежат в одной плоскости. В классе «пространственные задачи» нагрузки и закреплёния располагаются произвольно. В этом классе в отдельный вид выделены задачи с плоской допустимой геометрической областью объекта проектирования, типичным примером которых является задача на проектирование силового шпангоута фюзеляжа [18]. В учебных заданиях может использоваться несколько нагрузок, действующих одновременно. Листьями дерева классификации являются группы заданий на проектирование ССК с возрастающим уровнем сложности.



Рисунок 4 – Классификация учебных заданий

Для демонстрации процессов топологической оптимизации пространственных конструкций с использованием деформируемого твёрдого тела переменной плотности рассмотрим задачу проектирования силовой схемы фюзеляжа самолёта в зоне выреза. Допустимое геометрическое пространство проектируемой конструкции в форме цилиндрической оболочки с прямоугольным вырезом представлено на рисунке 5.

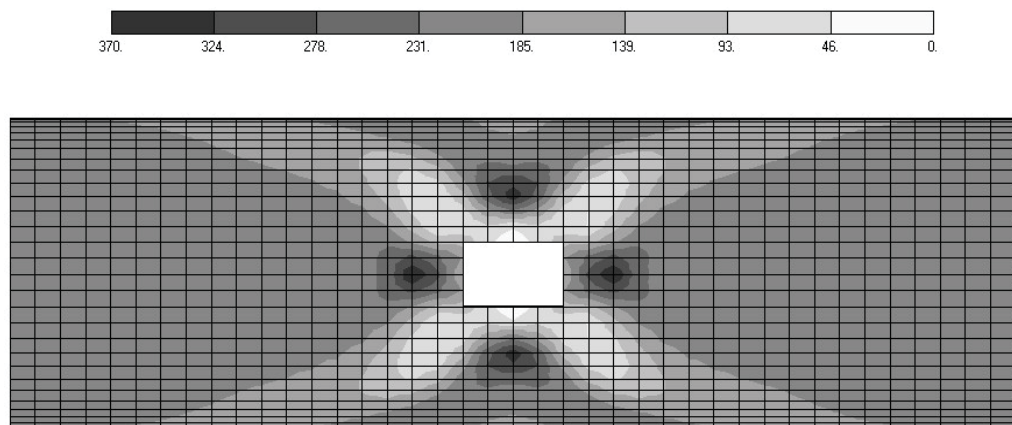


Конструкция нагружена крутящим моментом $M_k=6\text{МН}\cdot\text{м}$. Характеристики конструкционного материала: модуль Юнга 70000 МПа, плотность 2700 кг/м³, допускаемое напряжение 400 МПа, коэффициент Пуассона 0,3.

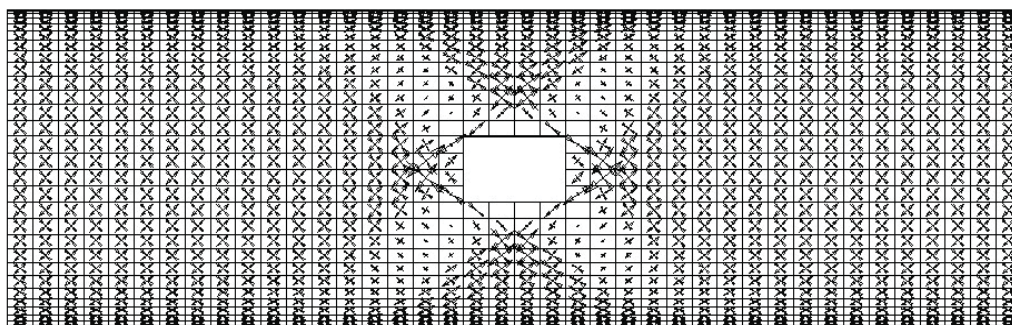
Рисунок 5 – Пример учебного задания на проектирование

Для проектирования ССК разработана континуальная модель из гипотетического материала переменной плотности, разделённая по толщине оболочки на три слоя объёмных конечных элементов. Внешний слой моделирует обшивку фюзеляжа, подкреплённую накладками и стрингерным набором. Средний и внутренний слои – шпангоуты и дополнительные силовые элементы для компенсации выреза. На рисунках 6-8 представлено распределение материала и усилий в слоях ТОК, полученной по «равнопрочному» алгоритму [1]. При формировании ССК ориентацию элементов каркаса рекомендуется выбирать в соответствии с направлениями потоков главных усилий (ПГУ) [1], определяемых умножением главных напряжений на толщину соответствующего конечного элемента.

Для проектирования ССК разработана континуальная модель из гипотетического материала переменной плотности, разделённая по толщине оболочки на три слоя объёмных конечных элементов. Внешний слой моделирует обшивку фюзеляжа, подкреплённую накладками и стрингерным набором. Средний и внутренний слои – шпангоуты и дополнительные силовые элементы для компенсации выреза. На рисунках 6-8 представлено распределение материала и усилий в слоях ТОК, полученной по «равнопрочному» алгоритму [1]. При формировании ССК ориентацию элементов каркаса рекомендуется выбирать в соответствии с направлениями потоков главных усилий (ПГУ) [1], определяемых умножением главных напряжений на толщину соответствующего конечного элемента.

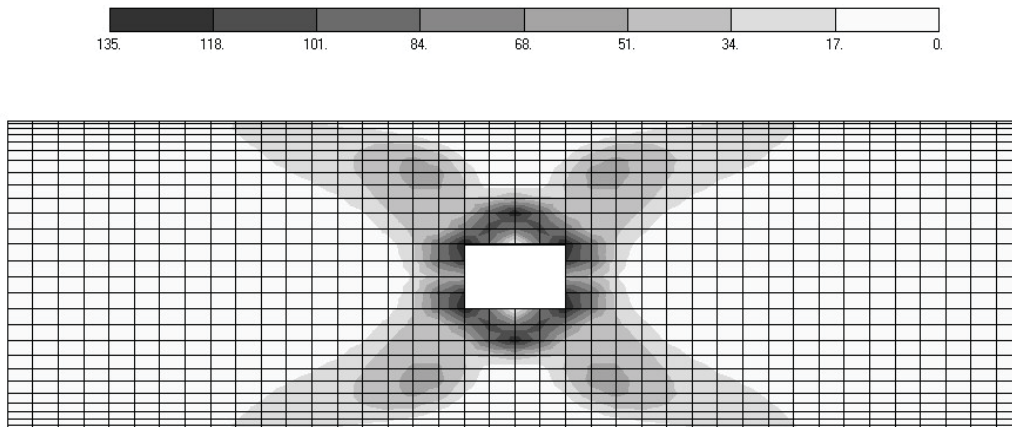


а) плотность (кг/м³)

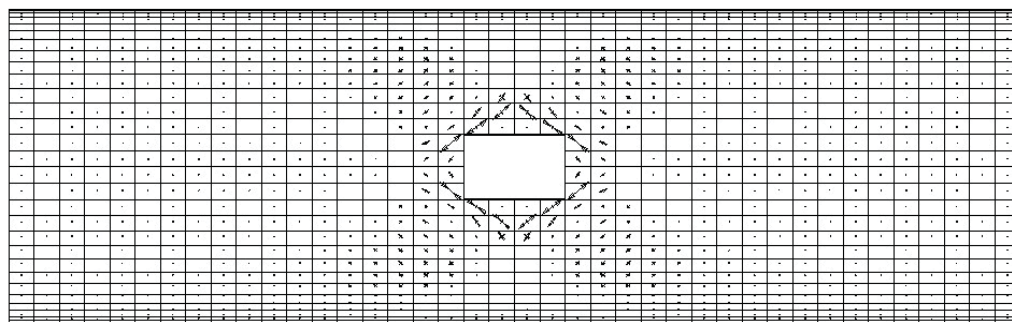


б) ПГУ

Рисунок 6 – Распределение материала и усилий во внешнем слое ТОК



а) плотность (кг/м³)



б) ПГУ

Рисунок 7 – Распределение материала и усилий в среднем слое ТОК

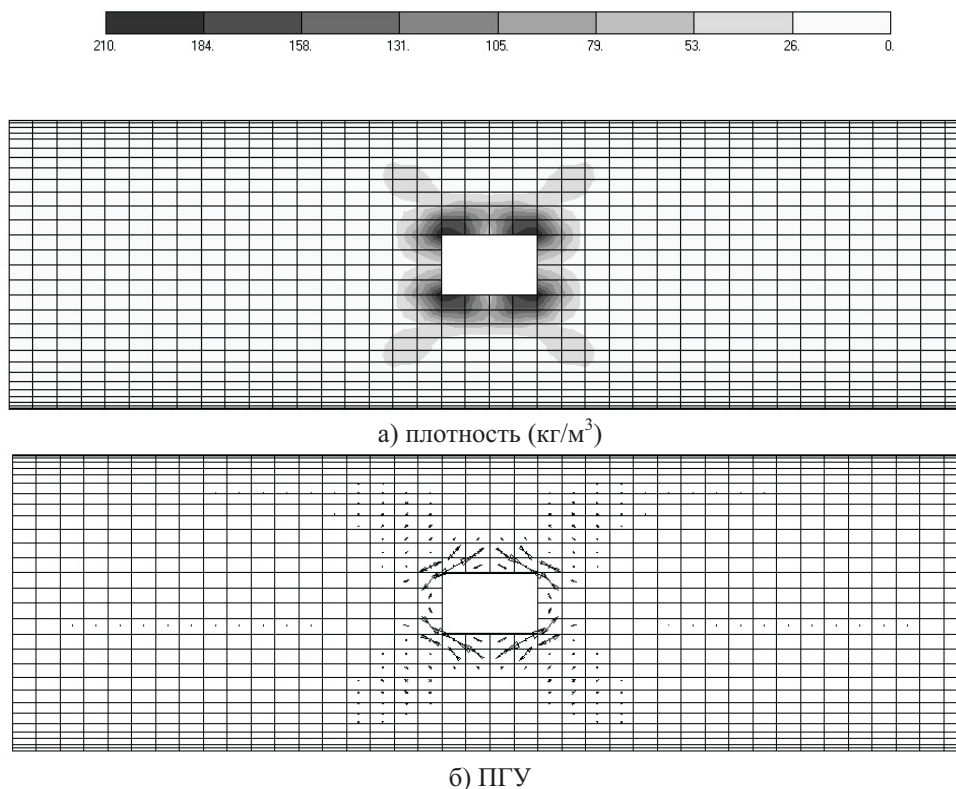


Рисунок 8 – Распределение материала и усилий во внутреннем слое ТОК

Наибольшие значения плотности достигнуты во внешнем слое континуальной модели (рисунок 6, а). Анализ усилий, действующих в ТОК, выявил зоны по углам выреза, в которых наблюдается одноосное напряжённое состояние (рисунки 6 – 8, б), направления ПГУ в этих зонах не совпадают с направлениями границ выреза. Поэтому конструкцию фюзеляжа целесообразно снабдить балками, расположенными по углам выреза в соответствии с направлениями ПГУ в этих зонах и образующих ромбовидную структуру.

Отметим, что процесс интерпретации силовой работы ТОК плохо формализуется и зависит от опыта конструктора. Для принятия технических решений по ССК для учебных заданий (блок 3 на рисунке 3) на лабораторных занятиях проводится «мозговой штурм». Студенты готовят для учебных заданий картины распределения материала и усилий в ТОК. Эта информация демонстрируется в аудитории на экране проектора, и участники мозгового штурма предлагают возможные структурные решения для объектов проектирования. Преподаватель фиксирует на доске все предлагаемые технические решения. Затем выполняется отбор идей, их систематизация и оценка. В ходе обсуждения можно комбинировать и дополнять идеи новыми элементами. Этот процесс позволяет выделить рациональные технические решения по ССК. В работах [8, 19] отмечено, что эвристические методы обучения эффективны, поскольку пробуждают активность обучающихся, развивают самостоятельность их мышления.

4 Диагностика обучения

Для проверки работоспособности методики обучения топологическому проектированию проведен педагогический эксперимент. В учебном процессе применялись промышленные пакеты прикладных программ *Siemens NX* [20] для разработки геометрических моделей, *NASTRAN* [21] для выполнения инженерного анализа конструкций и PLM-система *Windchill* [11] для управления проектными данными.

К участию в педагогическом эксперименте привлечены 5 групп студентов третьего и пятого курсов специальности «Самолёто- и вертолётостроение» с численным составом 10÷15 человек. Выбор студенческих групп обусловлен следующими соображениями. На начальных курсах подготовки специалистов изучаются преимущественно дисциплины математического и естественнонаучного цикла. На третьем курсе начинается изучение дисциплин профессионального цикла и, в частности, метод конечных элементов. На пятом курсе завершается инженерная подготовка, приобретаются навыки работы с системами инженерного анализа и PLM-системами. В процессе педагогического эксперимента рассматривается вопрос о целесообразности внедрения предложенной методики обучения топологическому проектированию конструкций в учебный процесс авиационных специальностей ВУЗов средних курсов обучения.

Для оценки эффективности обучения топологическому проектированию конструкций использован критерий Φ [22], который учитывает объём и эффективность применения знаний:

$$(2) \quad \Phi = \Omega \cdot P,$$

где Ω – полнота проработки проекта, определяемая экспертно в диапазоне (0÷100 %); P – достигнутый показатель эффективности проектного решения.

В качестве эксперта выступал преподаватель, оценивавший выполнение каждого этапа проекта в среде учебно-научного виртуального предприятия.

Показатель эффективности на i -ом этапе P_i определялся по формуле [9]:

$$(3) \quad P_i = \frac{G_{opt}}{G_i},$$

где G_{opt} – силовой фактор ТОК, определяемый по соотношению (1) интегрированием по объёму тела переменной плотности; G_i – силовой фактор конструкции, разработанной на этапе проекта, определяемый интегрированием по объёму конструкционного материала.

На рисунке 9 представлены результаты обучения студентов, достигнутые на основе предлагаемой методики. Цикл учебного проектирования от знакомства с интерфейсами автоматизированных систем CAD/CAE/PLM до сохранения итогового отчёта в PLM разделён на 8 этапов. На «опорной» траектории показаны результаты, которые мог бы достичь «идеальный» студент, выполнивший каждый этап проекта с максимальной оценкой и с максимальным показателем эффективности $P_i=1$.

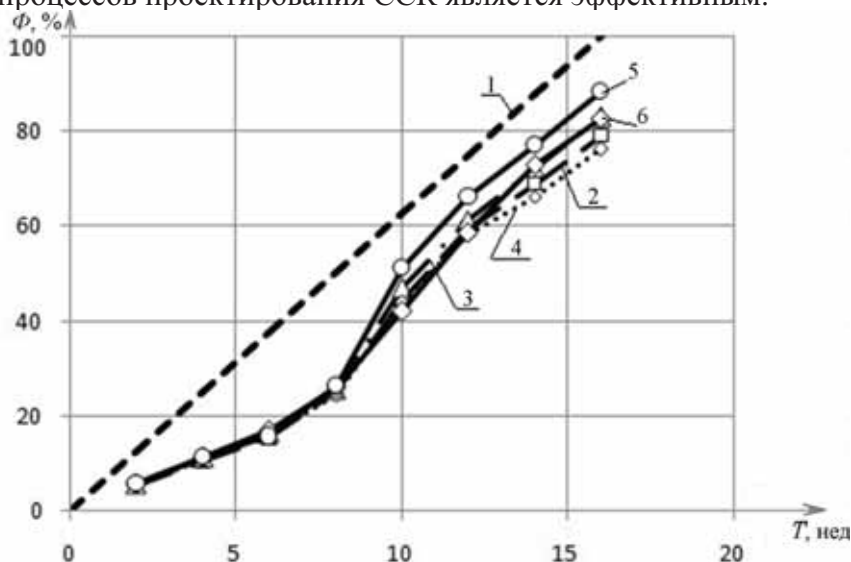
Формы траекторий обучения студенческих групп, полученные в результате педагогического эксперимента, визуально похожи на букву «S». Такая тенденция свидетельствует о непостоянстве скорости приобретения знаний и навыков на разных этапах проектных работ. Аналогичные «S»-образные кривые, характеризующие эффективность обучения автоматизированному проектированию, приводятся в работах [22, 23].

В результате выполнения проекта студентами достигнуты значения весового качества конструкций P_i в диапазоне от 0,87 до 0,96. Для студентов третьего курса этот показатель составил 0,87÷0,94, для студентов пятого курса 0,88÷0,96.

Значение интегрального показателя для всех студентов, участвовавших в педагогическом эксперименте, на заключительном этапе составило $\Phi=81,7\%$ со средним квадратическим отклонением значений в выборке 4,1 %. Для студентов третьего курса этот показатель составил 79,2%, для студентов пятого курса 85,5%.

Особенность процессов учебного проектирования по предлагаемой методике заключается в наличии этапа модификации ССК. В ходе педагогического эксперимента сравнивались технические решения, полученные студентами после анализа силовой работы ТОК (блок 3 на

рисунке 3) и на заключительном этапе обучения (после выполнения блоков 4–6 на рисунке 3). Для сравнения средних значений двух выборок на указанных этапах выполнена статистическая обработка групповых результатов обучения студентов с использованием критерия Стьюдента [24]. Выявлено увеличение показателя эффективности обучения P_i на 8,2% за счёт модифицирования ССК. Вычисленные эмпирические значения критерия Стьюдента оказались больше критических значений при вероятности допустимой ошибки, не превышающей 5%. Следовательно, педагогическое воздействие методики обучения на основе усовершенствованных процессов проектирования ССК является эффективным.



T – время учебного проектирования, выраженное в неделях, Φ – интегральный критерий;
 1 – «опорная» траектория обучения; 2,3,4 – траектории обучения групп студентов 3 курса;
 5 и 6 – траектории обучения групп студентов 5 курса

Рисунок 9 – Результаты педагогического эксперимента

Заключение

Представлена методика обучения топологическому проектированию конструкций, объединяющая следующие аспекты:

- тезаурус ПрО «Проектирование ССК»;
- базу учебных заданий на топологическое проектирование конструкций;
- процессы учебного проектирования ССК на основе модели деформируемого твёрдого тела переменной плотности [1, 5, 15], характеризующиеся активной творческой самостоятельной работой обучающихся в процессе отыскания рациональных решений;
- диагностику результатов обучения с оценкой статистической достоверности.

Результаты педагогического эксперимента свидетельствуют о работоспособности представленной методики обучения топологическому проектированию конструкций. При этом результаты обучения, достигнутые студентами третьего курса, оказались близки к значениям показателей студентов пятого курса, что свидетельствует о целесообразности внедрения методики обучения топологическому проектированию конструкций в учебный процесс авиационных специальностей ВУЗов, начиная уже со средних курсов обучения.

Список источников

- [1] **Комаров, В.А.** Проектирование силовых схем авиационных конструкций / В.А. Комаров // Актуальные проблемы авиационной науки и техники. – М.: Машиностроение. – 1984. – С. 114–129.

- [2] *Bendsoe, M.P.* Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method / M. P. Bendsoe, N. Kikuchi // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. – 1988. – V. 71. – № 2. – P. 197–224.
- [3] *Комаров, В.А.* Точное проектирование / В.А. Комаров // *Онтология проектирования*. – 2012. – № 3(5). – С. 8–23.
- [4] *Комаров, А.А.* Основы проектирования силовых конструкций / А.А. Комаров. – Куйбышев: Куйбышевск. книжн. изд-во. – 1965. – 88 с.
- [5] *Комаров, В.А.* Повышение жёсткости конструкций топологическими средствами / В.А. Комаров // *Вестн. Самарск. гос. аэрокосм. ун-та*. – 2003. – № 1. – С. 24–37.
- [6] *Болдырев, А.В.* Развитие методики проектирования силовых схем авиационных конструкций с использованием модели тела переменной плотности / А.В. Болдырев, М.В. Павельчук // *Известия Самарского научно-го центра РАН*. – 2013. – Т. 15. – № 6(3). – С. 603–606.
- [7] *Болдырев, А.В.* Формализация проектирования силовых схем авиационных конструкций на основе процессного подхода / А.В. Болдырев, М.В. Павельчук // *Автоматизация. Современные технологии*. – 2015. – № 5. – С. 37–39.
- [8] *Комаров, В.А.* АОС и инженерная интуиция / В.А. Комаров, А.В. Соловов // *Вестник высшей школы*. – 1986. – № 2. – С. 30–33.
- [9] *Комаров, В.А.* Компьютерные тренажёры для конструкторов / В.А. Комаров, А.А. Черепашков // *Общероссийский научно-технический журнал “Полёт”*. – 1999. – № 8. – С. 31–36.
- [10] *Черепашков, А.А.* Обучение автоматизированному проектированию с использованием учебно-научного виртуального предприятия / А.А. Черепашков, А.В. Букатин // *Вестн. Самарск. гос. аэрокосм. ун-та*. – 2012. – № 5 (36). – С. 342–345.
- [11] *Морозов, В.В.* Основы технологий информационной поддержки изделий машиностроения: учебное пособие / В.В. Морозов, А.Б. Костерин, П.В. Стрелков, А.В. Фомин. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та. – 2009. – 252 с.
- [12] *Боргест, Н.М.* Иерархические и ассоциативные связи между терминами в тезаурусе на примере словаря проектанта / Н.М. Боргест, Д.В. Шустова, С.Р. Гиматдинова // *Вестн. Самарск. гос. аэрокосм. ун-та*. – 2012. – № 2(33). – С. 228–236.
- [13] *Шустова, Д.В.* Подход к разработке семантических основ информационных систем для проектирования и производства авиационной техники / Д.В. Шустова // *Онтология проектирования*. – 2015. – Т. 5. – № 1(15). – С. 70–84.
- [14] *Вейсхаар, Т.А.* Человеческий фактор в проектировании авиационных конструкций / Т.А. Вейсхаар, В.А. Комаров // *Общероссийский научно-технический журнал “Полёт”*. – 1998. – № 1. – С. 17–23.
- [15] *Болдырев, А.В.* Развитие технологии проектирования авиационных конструкций на основе модели переменной плотности / А.В. Болдырев // *Общероссийский научно-технический журнал “Полёт”*. – 2009. – № 11. – С. 23–28.
- [16] *Комаров, В.А.* Весовой анализ авиационных конструкций: теоретические основы / В.А. Комаров // *Общероссийский научно-технический журнал “Полёт”*. – 2000. – № 1. – С. 31–39.
- [17] Свидетельство о государственной регистрации базы данных «Учебные задания на проектирование силовых схем авиационных конструкций» / А.В. Болдырев, В.А. Комаров, М.В. Павельчук. Российская Федерация. М.: РОСПАТЕНТ. – № 2016620151; зарег. 02.02.2016; опубл. 20.02.2016.
- [18] *Болдырев, А.В.* Автоматизированное проектирование силовых шпангоутов: метод. указания / А.В. Болдырев, В.А. Комаров. – Самара: Изд-во Самара. гос. аэрокосм. ун-та. – 2007. – 40 с.
- [19] *Хуторской, А.В.* Дидактическая эвристика: теория и технология креативного обучения / А.В. Хуторской. – М.: Изд-во МГУ. – 2003. – 416 с.
- [20] *Данилов, Ю.* Практическое использование NX / Ю. Данилов, И. Артамонов. – М.: ДМК Пресс. – 2011. – 332 с.
- [21] *Рычков, С.П.* MSC.visual Nastran для Windows / С.П. Рычков. – М.: НТ Пресс. – 2004. – 552 с.
- [22] *Черепашков, А.А.* Методика оценки эффективности подготовки целевого персонала машиностроительных САПР / А.А. Черепашков // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2011. – Т. 13. – № 4(3). – С. 896–899.
- [23] *Terdalkar, S.S.* Graphically driven interactive finite element stress reanalysis for machine elements in the early design stage / S. S. Terdalkar, J. J. Rencis // *Finite Elements in Analysis and Design*. – 2006. – V. 42. – № 10. – P. 884–899.
- [24] *Кыверялг, А.А.* Методы исследования в профессиональной педагогике. – Таллин: Изд-во «Валгус». – 1980. – 335 с.

TRAINING TECHNIQUE FOR TOPOLOGICAL STRUCTURES DESIGNING BASED ON A VARIABLE DENSITY BODY MODELS

A.V. Boldyrev¹, M.V. Pavelchuk²

Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Samara, Russia

¹bolav@ssau.ru, ²pmv90aircraft@gmail.com

Abstract

The article describes the training principles for topological structures designing. The ontology of subject area "The structural load-carrying layout designing" is given. The training technique of automated designing structural layouts using deformed solid body model with variable density is proposed. The educational process is based on creative pedagogy methods and is carried out in the environment of an educational and scientific virtual enterprise. The classification of training assignments for structural layouts designing is presented. Assignments are characterized by a multiplicity of engineering solutions and uncertainty in decision-making by rational structural layout. An example of a training assignment with the spatial design area, showing the aircraft fuselage structural layout designing in cutout region, based on deformed solid body model with variable density is given. The problems of assessment of training results the topological structural designing are considered. The results of the pedagogical experiment, demonstrating efficiency of the proposed training technique, are presented.

Key words: designing, topological optimization, continual model, training, thesaurus, decision making, pedagogical experiment.

Цитирование: Boldyrev AV, Pavelchuk MV. Training technique for topological structures designing based on a variable density body models. *Ontology of Designing*. 2016; 6(4): 501-513. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-501-513.

References

- [1] Komarov VA. The aircraft structural layout design [In Russian] // Current Problems of Aviation Science and Technology. – Moscow: Mashinostroenie, 1984: 114-129.
- [2] Bendsoe MP, Kikuchi N. Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 1988, V. 71, № 2: 197-224.
- [3] Komarov VA. Concurrent design [In Russian] // Ontology of Designing, 2012, № 3(5): 8-23.
- [4] Komarov AA. The basics of structural design [In Russian]. – Kuibyshev: Kuibyshev book publisher, 1965. - 88 p.
- [5] Komarov VA. Structure stiffening by topological changes [In Russian] // Vestnik Samara State Aerospace Univ., 2003, № 1: 24-37.
- [6] Boldyrev AV, Pavelchuk MV. The development of method of designing the load-carrying layouts of aviation constructions using the model of a body of variable density [In Russian] // Proceedings of the Samara Scientific Center of Russian Academy of Sciences, 2013, V. 15, № 6(3): 603-606.
- [7] Boldyrev AV, Pavelchuk MV. Designing formalization of the aircraft constructions from a procedure approach [In Russian] // Avtomatizatsiya. Sovremennye Tekhnologii, 2015, № 5: 37-39.
- [8] Komarov VA., Solovov AV. Automated training systems and engineering intuition [In Russian] // Vestnik High School, 1986, № 2: 30-33.
- [9] Komarov VA, Cherepashkov AA. Computer exercise simulators for design engineers [In Russian] // Russian Scientific and Technical Journal "Polyot" ("Flight"), 1999, № 8: 31-36.
- [10] Cherepashkov AA, Bukatin AV. Experience of the deployment the CAD-complex at the educational virtual enterprise [In Russian] // Vestnik Samara State Aerospace Univ., 2012, № 5 (36): 342-345.
- [11] Morozov VV, Kosterin AB, Strelkov PV, Fomin AV. Fundamentals of technology information support of products engineering [In Russian]. – Vladimir: Vladimir. State. Univ., 2009. - 252 p.
- [12] Borgest NM, Shustova DV, Gimatdinova SR. Hierarchical and associative relations between the terms in the thesaurus in a designer's dictionary taken as an example [In Russian] // Vestnik Samara State Aerospace University, 2012, № 2 (33): 228-236.
- [13] Shustova DV. Approach to developing a semantic basis of information systems for design and production aircraft [In Russian] // Ontology of Designing, 2015, № 1(15): 70-84.
- [14] Weisshaar TA, Komarov VA. The human factor in the design of aircraft structures [In Russian] // Russian Scientific and Technical Journal "Polyot" ("Flight"), 1998, № 1: 17-23.

- [15] **Boldyrev AV**. A development of aircraft structure design technique based on a model of solid deformable body with variable density [In Russian] // Russian Scientific and Technical Journal "Polyot" ("Flight"), 2009, № 11: 23-28.
- [16] **Komarov VA**. The weight analysis of the aircraft structure: theoretical basis [In Russian] // Russian Scientific and Technical Journal "Polyot" ("Flight"), 2000, №1: 31-39.
- [17] State registration certificate of database "Training assignments for designing aircraft structural layout"[In Russian] / A.V. Boldyrev, V.A. Komarov, M.V. Pavelchuk. Russian Federation. Moscow: ROSPATENT. – № 2016620151; registered 02.02.2016; published 20.02.2016.
- [18] **Boldyrev AV, Komarov VA**. Automated designing the load-carrying bulkheads [In Russian]. – Samara: Publishing House of Samar. State. Aerospace Univ., 2007. - 40 p.
- [19] **Hutorskoy AV**. Didactic heuristics: Theory and technology of creative teaching [In Russian]. - Moscow: MSU, 2003. - 416 p.
- [20] **Danilov Yu, Artamonov I**. Practical use of NX [In Russian] - Moscow: DMK Press, 2011. - 332 p.
- [21] **Rychkov SP**. MSC.visual Nastran for Windows [In Russian] - Moscow: NT Press, 2004. - 552 p.
- [22] **Cherepashkov AA**. Technique of an estimation of effectiveness of the training the target personnel of the machine-building CAD [In Russian] // Proceedings of the Samara Scientific Center of Russian Academy of Sciences, 2011, V. 13, № 4(3): 896-899.
- [23] **Terdalkar SS, Rencis JJ**. Graphically driven interactive finite element stress reanalysis for machine elements in the early design stage // Finite Elements in Analysis and Design, 2006, V. 42, № 10: 884-899.
- [24] **Kyveryalg AA**. Research methods in professional pedagogy [In Russian]. - Tallinn: Publishing House "Valgus", 1980. - 335 p.

Сведения об авторах



Болдырев Андрей Вячеславович, 1963 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1986 г., д.т.н. (2012). Профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королёва, заместитель директора института авиационной техники. В списке научных трудов более 70 работ в области автоматизации проектирования авиационных конструкций.

Boldyrev Andrey Vyacheslavovich, (b. 1963) graduated from the Kuibyshev Aviation Institute named after S.P. Korolev in 1986, Dr. (2012). Professor at the Department of Aircraft Construction and Design at Samara National Research University, the deputy director of the Institute of Aeronautical Engineering of Samara University. The list of scientific papers includes more than

70 papers in the field of automation of designing of aircraft structures.



Павельчук Максим Владимирович, 1990 г. рождения. Окончил в 2012 г. Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Аспирант кафедры конструкция и проектирование летательных аппаратов Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королёва, ассистент. Автор 15 статей. Научные интересы: формализация процессов проектирования авиационных конструкций, обучение автоматизированному проектированию с применением CALS-технологий.

Pavelchuk Maksim Vladimirovich (b. 1990) graduated from the Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolev (National Research University) in 2012. Post-graduate Student at the Department of Aircraft Construction and Design at Samara National Research University, assistant. The author of 15 articles. Scientific interests: formalization of

process designing the aircraft structures, training of automated engineering designing with using CALS-technologies.

УДК 004.91

ОНТОЛОГИЯ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

О.С. Логунова¹, Е.А. Ильина², С.Н. Попов³

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия
¹logunova66@mail.ru, ²dar_nas@mail.ru, ³serega4444_92@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается состояние теории и практики онтологии понятийного аппарата для обработки библиографической информации. Уточняется сущность онтологии основополагающих понятий аппарата библиографии. Раскрывается структура термина «библиография». Определяются содержательные характеристики библиографии. Поясняется назначение библиографии, библиографической информации, библиографического списка, библиографической записи, библиографического описания и библиографической ссылки. Выделяются важные особенности ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р7.0.5–2008, показывающие различия в элементах библиографического описания и библиографической ссылки. Предлагается классификация библиографии. С учётом анализа понятийного аппарата и обобщённой схемы библиографического описания строится ментальная карта библиографической информации. Это позволило сформировать структуру библиографической информации в виде XML–документа для автоматизации разбора библиографической информации и формирования информационной структуры в программном модуле синтеза библиографических ссылок.

Ключевые слова: библиография, библиографическая информация, онтология, библиографическая запись, сноски, ссылка.

Цитирование: Логунова, О.С. Онтология понятийного аппарата для обработки библиографической информации / О.С. Логунова, Е.А. Ильина, С.Н. Попов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 514–524. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-514-524.

Введение

В настоящее время сформировались устойчивые рекомендации по подготовке научных и учебных изданий. Одним из компонентов издания является библиографический список (список используемой литературы), который оформляется в соответствии с нормативными документами. Во всех странах принято множество стандартов и рекомендаций для оформления библиографического списка [1, 2].

Многие зарубежные издания принимают публикации в формате TeX, который предусматривает специальные возможности (BibTeX) для оформления библиографических описаний используемых источников. Для каждого из стилей оформления библиографии (APA, MLA, AMA, OSCOLA и т.д.) существуют автоматизированные средства, позволяющие выполнить её оформление, соблюдая установленные требования [3–5]. При использовании стандартов и стилей оформления возникают проблемы с толкованием понятийного аппарата библиографии. Молодые исследователи сталкиваются с проблемами правильного оформления библиографической информации по таким причинам как специфичность терминологии, используемой в стандартах по оформлению библиографического описания, отсутствие свободного распространённого программного обеспечения для формирования русскоязычных ссылок по российским стандартам.

1 Анализ понятийного аппарата для обработки библиографии

В рамках представляемой работы под онтологией понятийного аппарата авторы понимают знания об используемых объектах, процессах, свойствах и отношениях, которые являются характерными для библиографии. Объектами в онтологии понятийного аппарата являются термины: «библиография», «библиографическая информация», «библиографический список», «библиографическая запись», «библиографическое описание», «библиографическая ссылка», а свойствами – структура библиографической информации [6-8].

Термин «библиография» в разное время трактовался неоднозначно [9-15]. Понятийный аппарат библиографии начинает свою историю в Древней Греции. Этот термин продолжительное время применялся в значении книгописание («копирование книг», «составление перечня книг») [9, 10], а ранее в значении «книговедение» [11].

Содержание термина «библиография» менялось от простого значения – копирование книг, составление списков книг, научная дисциплина; до обширного – подготовка, распространение и использование библиографической информации. В итоге в ГОСТ 7.0 – 99 «Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения» термин «библиография» определён как подготовка, распространение и использование библиографической информации. На рисунке 1 приведена схема преобразования понятийного содержания термина «библиография».

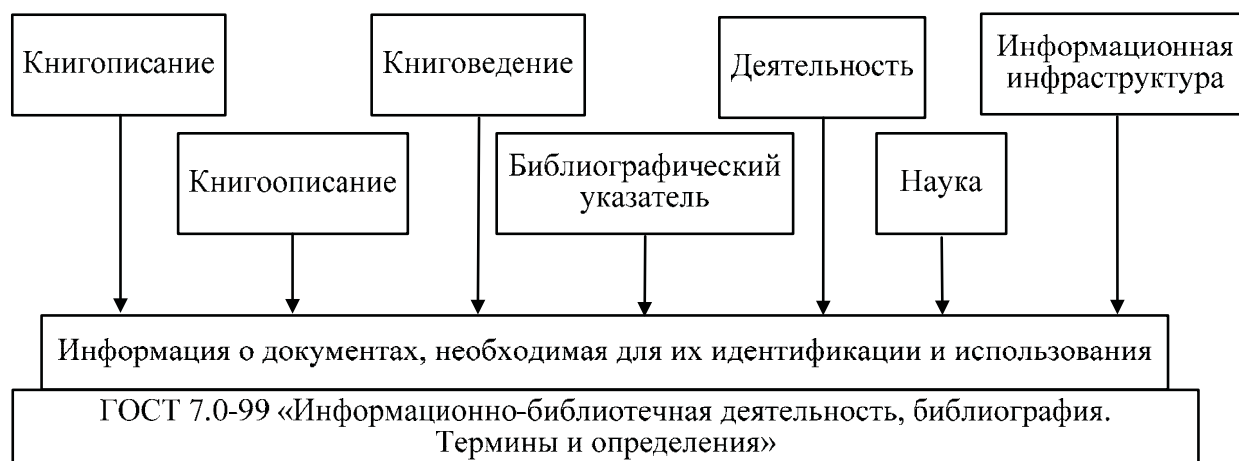


Рисунок 1 – Схема преобразования понятийного содержания термина «библиография»

Библиографическая информация является структурной частью библиографии. При рассмотрении документографической теории библиографии О.П. Коршунова выявлено определение библиографической информации «...по определённым правилам организованная информация о документах, содействующая реализации соответствий между документами и их потребителями» [9]. Кроме этого, О. П. Коршунов подчёркивает функции библиографической информации в представлении «документ – потребитель»: поисковую, коммуникативную, оценочную. Корректная библиографическая информация позволяет осуществить поиск трудов по теме исследования.

На рисунке 2 на примере образовательного учреждения приведена схема, отображающая функциональное назначение библиографической информации между субъектами (студенты, научно-педагогические работники (НПР)), использующими библиографическое описание.

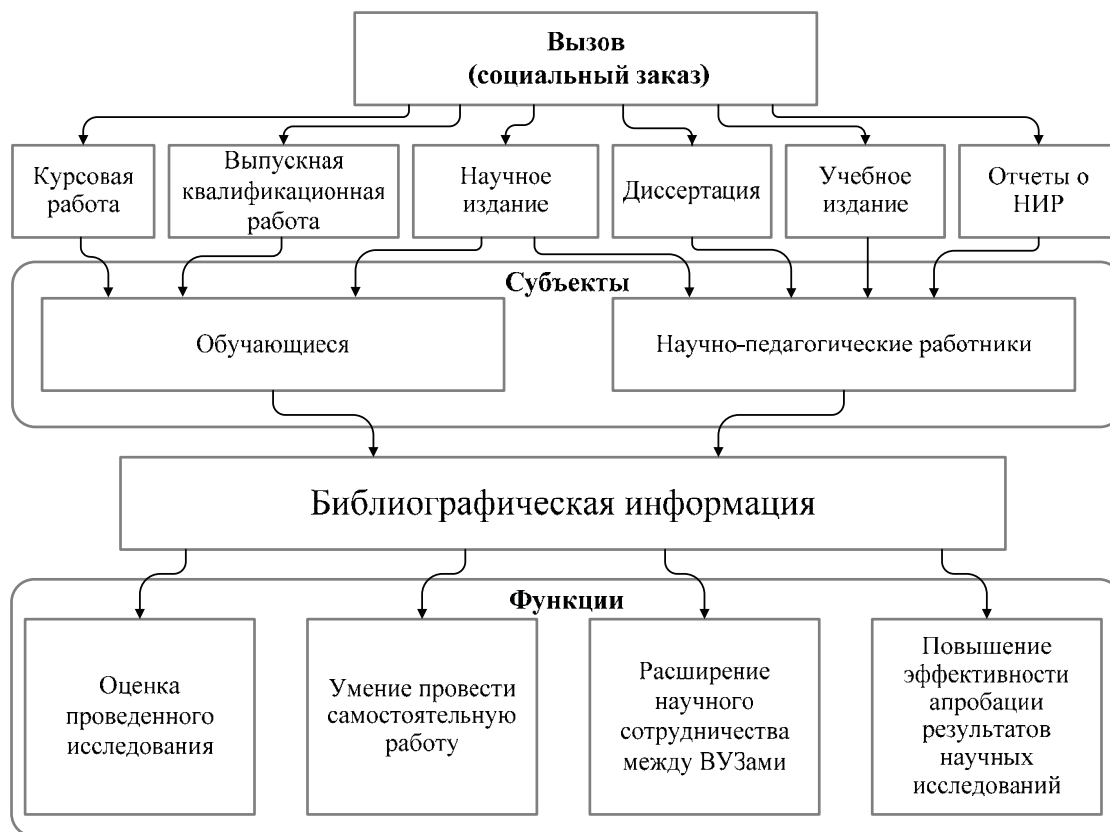


Рисунок 2 – Функциональное назначение библиографической информации в образовательном учреждении

2 Структура библиографической записи

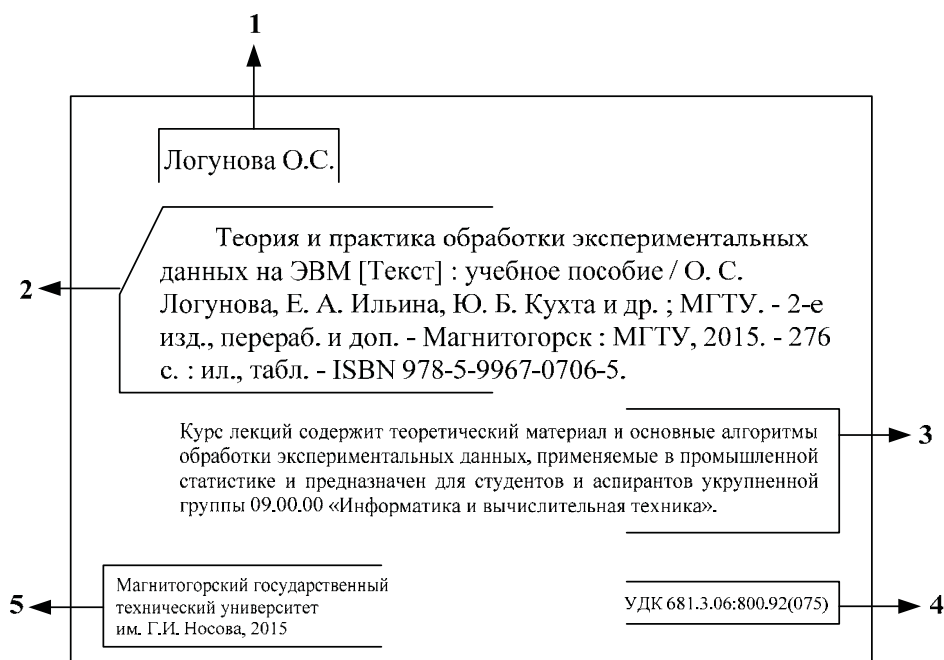
Библиографическая запись входит в состав библиографической информации. Основной частью библиографической записи является библиографическое описание (рисунок 3). Библиографическая запись может включать также заголовок, термины индексирования (классификационные индексы и предметные рубрики), аннотацию (реферат), шифры хранения документа, справки о добавочных библиографических записях, дату завершения обработки документа, сведения служебного характера [2, 16].

Библиографическая запись является библиографическим сообщением, зафиксированным в документальной форме [17].

Библиографический список является частью библиографической информации и состоит из библиографических описаний используемых источников информации. Упрощённым вариантом библиографического описания является библиографическая ссылка [1]. Библиографическая ссылка содержит информацию, минимально необходимую для поиска библиографического источника.

Исследователи при использовании ГОСТов и требований издательств для оформления библиографического описания сталкиваются с неоднозначной трактовкой терминов:

- использование понятия библиография при описании библиографического списка;
- определение библиографического описания как библиографической записи;
- отсутствие отличий между библиографическим описанием и ссылкой;
- исследователи неверно трактуют определения ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р7.0.5–2008.



1 – заголовок библиографической записи, содержащий имя лица; 2 – библиографическое описание;
 3 – аннотация; 4 – индекс классификации для массовых библиотек;
 5 – сведения о выпускающем и издающем учреждениях

Рисунок 3 – Библиографическая запись на аннотированной карточке технической библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова

3 Сравнительный анализ требований ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р7.0.5–2008

Рассмотрим требования ГОСТ 7.1–2003 – «Библиографическая запись. Библиографическое описание». Стандарт устанавливает общие требования и правила составления библиографического описания документа, применяется для документов, используемых библиотеками, органами научно-технической информации, центрами государственной библиографии, издателями, другими научными учреждениями, не используется для описания минимально необходимой части информации об источнике. Стандарт не распространяется на библиографические ссылки [2].

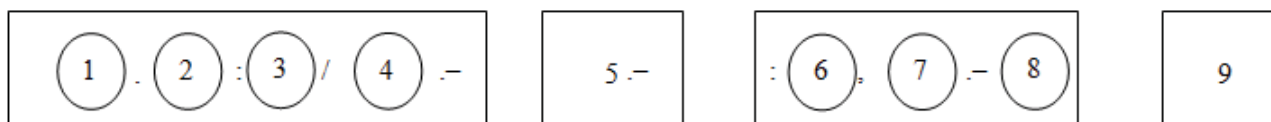
ГОСТ Р7.0.5–2008 – «Библиографическая ссылка» устанавливает общие требования и правила составления библиографической ссылки: основные виды, структуру, состав, расположение в документах. Стандарт распространяется на библиографические ссылки, используемые в опубликованных и неопубликованных документах на любых носителях. Стандарт предназначен для авторов, редакторов, издателей [1].

В таблице 2 приведено сравнение основных положений и принципов, представленных в ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ 7.0.5–2008. Результаты сравнения показывают, что понятия «библиографическое описание» и «библиографическая ссылка» являются схожими со стороны объектов составления, но отличаются в определениях и обязательных (необходимых) элементах.

На рисунке 4 показана обобщенная схема библиографического описания, которая соответствует требованиям ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р7.0.5–2008.

Таблица 2 – Основные положения и принципы стандартов

Объект	ГОСТ 7.1–2003	ГОСТ Р7.0.5–2008
Библиографическое описание	Содержит библиографические сведения о документе, приведенные по определенным правилам, устанавливающим наполнение и порядок следования областей и элементов, и предназначенные для идентификации и общей характеристики документа (п. 4.1).	Отсутствует
Библиографическая ссылка	Отсутствует	Библиографическая ссылка является частью справочного аппарата документа и служит источником библиографической информации о документах – объектах ссылки. Содержит библиографические сведения о цитируемом, рассматриваемом или упоминаемом в тексте документа другом документе, необходимые и достаточные для его идентификации, поиска и общей характеристики (п. 4.1, 4.2)
Объекты составления библиографического описания / библиографической ссылки	Все виды опубликованных и неопубликованных документов на любых носителях – книги, сериальные и другие продолжающиеся ресурсы, нормативные и технические документы, электронные ресурсы; составные части документов; группы однородных и разнородных документов (п. 4.2)	Все виды опубликованных и неопубликованных документов на любых носителях (в том числе электронные ресурсы локального и удалённого доступа), а также составные части документов (п. 4.3)
Обязательные (необходимые) элементы	Библиографические сведения, обеспечивающие идентификацию документа. Их приводят в любом описании (п. 4.5.1)	Совокупность библиографических сведений в ссылке должна обеспечивать идентификацию и поиск объекта ссылки (п. 4.4)



1 – заголовок; 2 – основное заглавие; 3 – сведения, относящиеся к заглавию; 4 – сведения об ответственности; 5 – сведения об издании; 6 – место издания; 7 – издательство; 8 – дата издания; 9 – объем

Рисунок 4 – Схема библиографического описания соответствующая требованиям ГОСТов

С учётом определения библиографической информации [9] и обобщённой схемы библиографического описания построена ментальная карта библиографической информации, которая изображена на рисунке 5.

Для наполнения структуры ментальной карты необходимо автоматизировать разбор библиографической информации на поля заданные картой, и последующее представление в формате XML-документа.

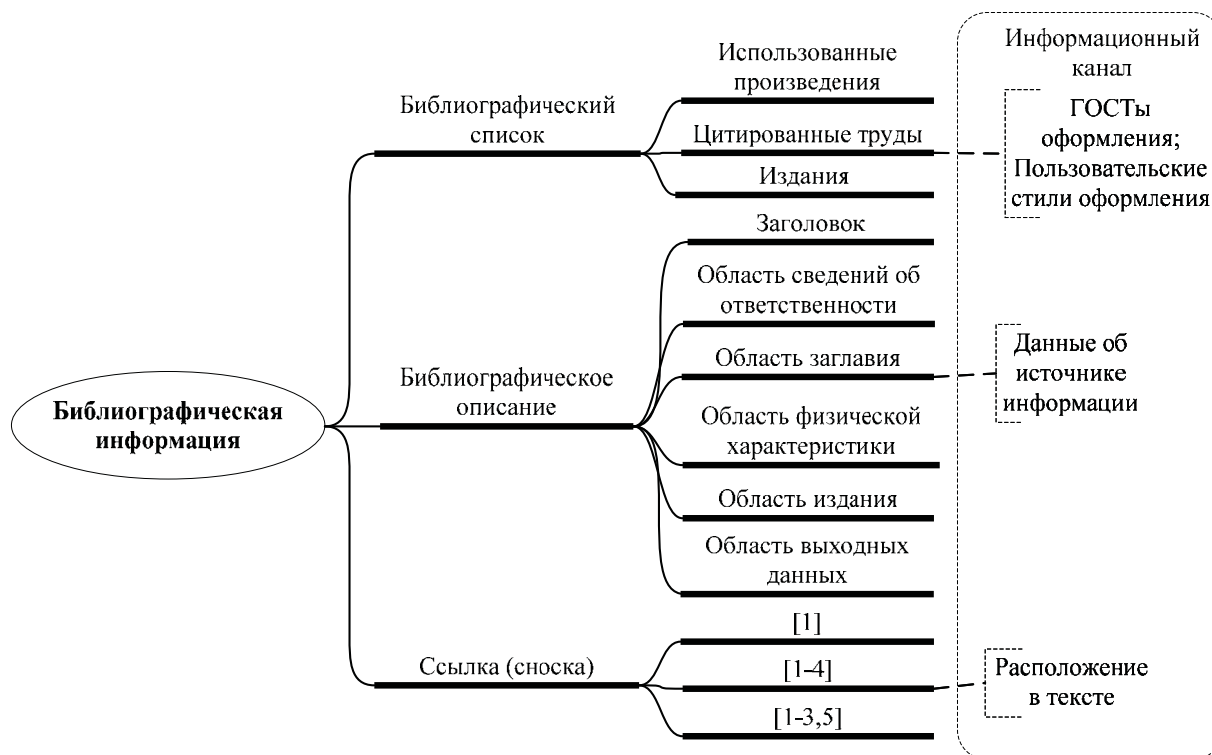


Рисунок 5 – Ментальная карта библиографической информации

Фрагмент структуры в программном коде после разбора библиографической информации приведён ниже.

```

<ListBiblio>
  <ArticlesAtJournal>
    'Исходная строка
    <ArticleAtJournal str="Тимофеев, А.В. Модели и методы многокритериальной оптимизации альтернатив / А. В. Тимофеев, Д. П. Димитриченко // Труды СПИИРАН. – 2008. – Вып. 7. – С. 182-194.">
      'Поля структуры
      <FirstSurname>Тимофеев, А.В.</FirstSurname>
      <TitleArticle>Модели и методы многокритериальной оптимизации альтернатив</TitleArticle>
      <ListSurname>А. В. Тимофеев, Д. П. Димитриченко</ListSurname>
      <TitleJournal>Труды СПИИРАН.</TitleJournal>
      <YearPubl>2008</YearPubl>
      <NumberPubl>Вып. 7</NumberPubl>
      <PagesPubl>С. 182-194</PagesPubl>
    </ArticleAtJournal>
  </ArticlesAtJournal>
</ListBiblio>
  
```

На рисунке 6 схематично представлена структура библиографии, включающая термины, непосредственно связанные с темой исследования. Эта схема позволяет раскрыть значимость каждого из понятий и внести ясность в понимание терминов.

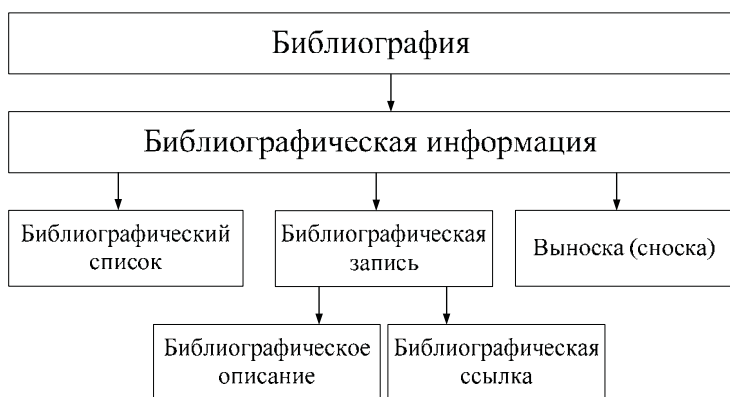
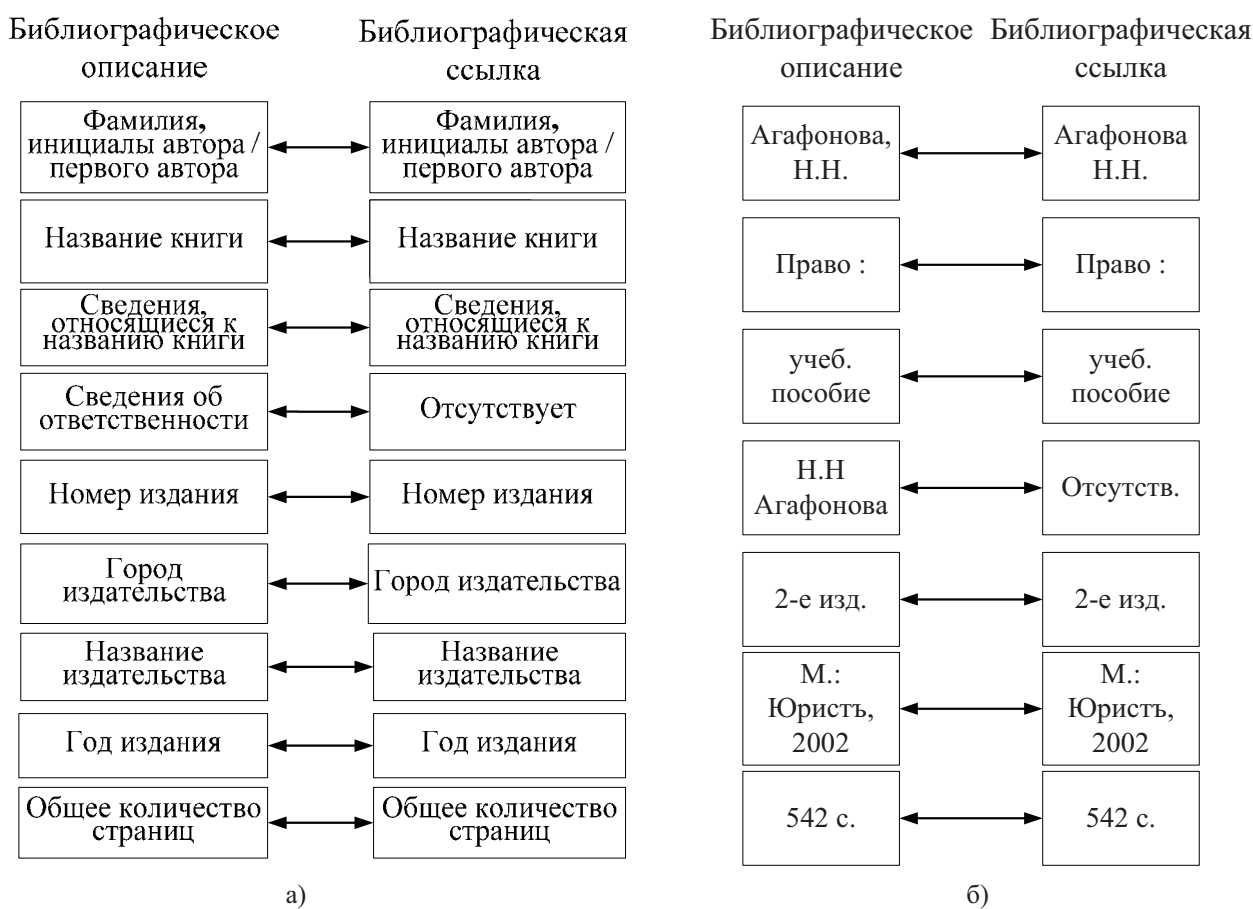


Рисунок 6 – Структура библиографии

На рисунке 7 приведены элементы библиографического описания и библиографической ссылки. Схемы, приведенные на рисунке 7, показывают различия в наполнении элементов на примере библиографического описания книги, в которой от одного до трёх авторов. Для каждого из типов источников существуют собственные различия, которые необходимо учитывать.



а) – содержание элементов; б) - пример

Рисунок 7 – Элементы библиографического описания и библиографической ссылки

4 Программный модуль анализа и синтеза библиографических описаний

Программный модуль для автоматизированного разбора библиографической информации разработан на языке программирования *Visual Basic for Applications* для программного продукта *Microsoft Office Word*. В ходе проектирования программного модуля для обработки библиографической информации предложена структура, представленная на рисунке 8.

В состав модуля входит два уровня: уровень основного приложения; уровень XML-документа. На уровне основного приложения осуществляют работу процедуры, связанные с обработкой текстового документа, включающей идентификацию стилей. На уровне XML-документа выполняется работа с базой данных источников, найденных и проанализированных из текстового документа.

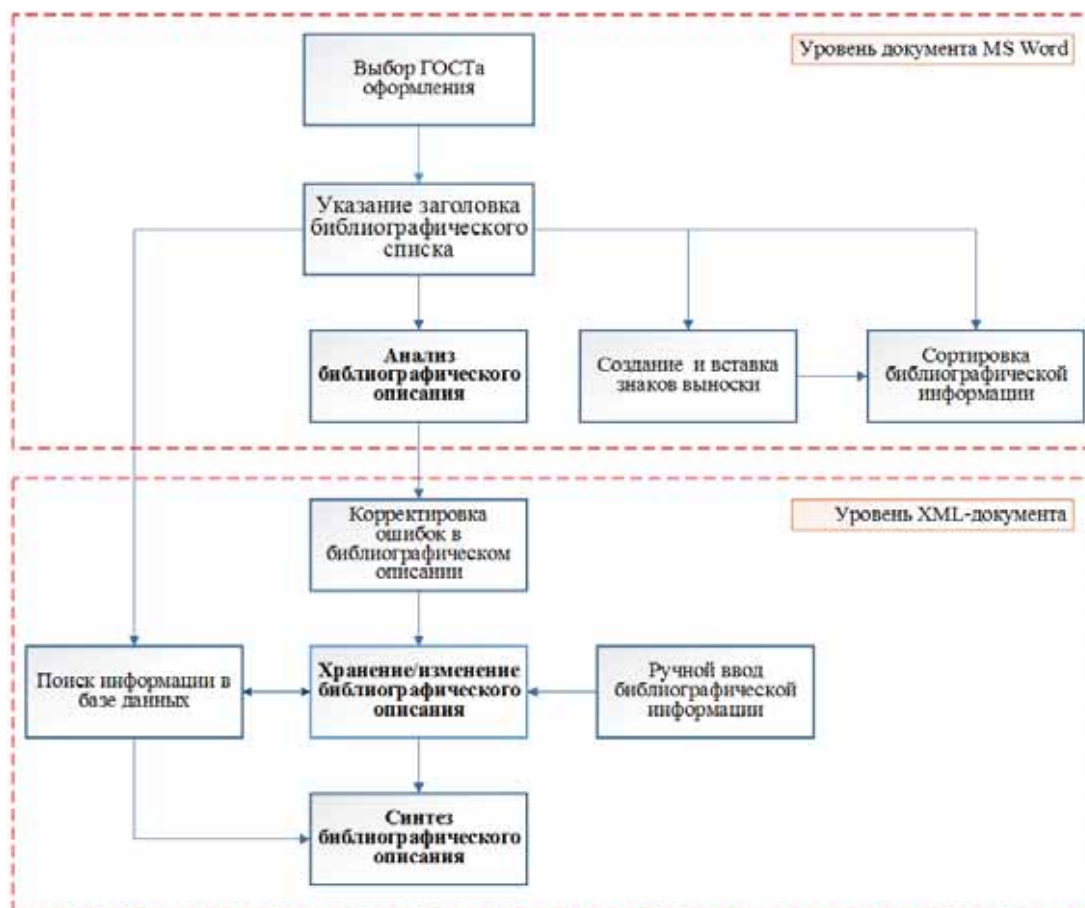


Рисунок 8 – Структура программного модуля для обработки библиографической информации

Программный модуль анализа и синтеза перечня библиографических источников содержит процедуры:

- *выбора ГОСТа* для определения правил оформления библиографического описания (ГОСТ 7.1 – 2003 или ГОСТ Р7.0.5 – 2008) в интерактивном режиме, согласно требованиям различных организаций и научных сообществ;
- *указания заголовка библиографического списка* для создания заголовка списка или для выбора существующего заголовка;
- *интерактивного ввода библиографической информации*, которая позволяет составлять библиографическое описание, используя информацию, вводимую исследователем при работе с программным модулем для последующего представления в виде XML-документа;
- *создания и вставки знаков выноски*, которая позволяет добавлять выноски в тексте на уже созданное исследователем библиографическое описание;
- *анализа библиографического описания*, которая осуществляет автоматизированный разбор строк с библиографическими ссылками согласно заложенным в программный модуль правилам оформления и сохраняет результаты разбора в XML-документ;

- *синтеза библиографического описания* для автоматизированного формирования библиографических ссылок в списке по правилам оформления, выбранным в процедуре выбора ГОСТа оформления на основе данных XML-документа;
- *хранения и изменения библиографической информации* для организации взаимодействия пользователя с базой данных, реализованной в виде XML-документа;
- *визуализации и корректировки ошибок* для осуществления анализа и исправления ошибок при оформлении библиографии в интерактивном режиме с последующим сохранением изменений в XML-документе;
- *сортировки библиографической информации*, которая позволяет применить варианты сортировки библиографического описания по алфавиту (с изменением ссылок по тексту документа) и по встречаемости (с изменением положения библиографических описаний);
- *поиска информации* в базе данных, которая осуществляет поиск библиографических описаний в XML-документе по заданным критериям.

Выходная информация программного модуля «Библиография» представляет собой библиографический список, сформированный в соответствии с выбранным ГОСТом оформления и ссылками по тексту на каждый из библиографических источников.

Заключение

Формализована структура библиографической информации. На основе сравнительного анализа требований ГОСТов 7.1–2003 и Р7.0.5–2008 построена ментальная карта для автоматизации разбора библиографической информации и формирования информационной структуры в программном модуле анализа и синтеза библиографических ссылок. Функциональная схема работы модуля разделена на два компонента, представляющие собой уровень документа MS Word и уровень XML-документа.

Список источников

- [1] ГОСТ Р7.0.5–2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. – Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 38 с.
- [2] ГОСТ 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Введ. 2004-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 166 с.
- [3] Результаты теоретико-информационного анализа решений по обработке библиографической информации / С.Н. Попов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 5-2. – С. 247-251.
- [4] OSCOLA Referencing Generator. The law essay professionals [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lawteacher.net/oscola-referencing/> (дата обращения 26.11.2016).
- [5] Citation Machine: Format and Generate Citations - APA, MLA and Chicago. The law essay professionals [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.citationmachine.net/> (дата обращения 26.11.2016).
- [6] Ханова, А. А. Предметная онтология как способ формирования семантической модели знаний грузового порта / А. А. Ханова, И. О. Григорьева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 1. – С. 76-81.
- [7] Моисеев, Е.И. Онтология научного пространства или как найти гения / Е.И. Моисеев, А.А. Муромский, Н.П. Тучкова // Онтология проектирования. – 2014. – № 4 (14). – С. 18-33.
- [8] Боргест, Н.М. Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2013. – № 3 (9). – С. 9-31.
- [9] Коршунов, О.П. Библиографоведение: общий курс / О.П. Коршунов. – М.: Книжная палата, 1990. – 231 с.
- [10] Диомидова, Г.Н. Библиография: общий курс / Г.Н. Диомидова. – М.: Книжная палата, 1991. – 241 с.
- [11] Ловягин, А.М. Основы книговедения: популярный очерк / А.М. Ловягин. – М.: Начатки знаний, 1925. – 166 с.
- [12] Абызов, Ю.И. Библиография / Ю.И. Абызов, С.Р. Минцлов // Рижский библиофил: альманах – Рига, 2003. – С. 29-35.

- [13] ГОСТ 16448–70. Библиография. Термины и определения. – Введ. 1971-07-01. – М.: Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1971. – 12 с.
- [14] ГОСТ 7.0–84. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая деятельность. Основные термины и определения. – Введ. 1984-12-14. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1985. – 20 с.
- [15] ГОСТ 7.0–99. Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения. – Введ. 2000-07-01. – Минск: Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 23 с.
- [16] ГОСТ 7.80–2000. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления. – Введ. 2001-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 8 с.
- [17] *Альберт, Ю.В.* Библиографическая ссылка: справочник / Ю.В. Альберт – Киев: Наук. думка, 1983. – 248 с.

ONTOLOGY OF CONCEPTUAL APPARATUS FOR PROCESSING BIBLIOGRAPHIC INFORMATION

О.С. Logunova¹, Е.А. Ilina², С.Н. Popov³

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

¹logunova66@mail.ru, ²dar_nas@mail.ru, ³serega4444_92@mail.ru

Abstract

The study presents the state of the problem in theory and practice of ontology of conceptual apparatus for processing bibliographic information. It specifies the essence of the ontology of fundamental concepts of bibliographic apparatus. The structure of the “bibliography” concept is shown. The substantial characteristics of the bibliography are determined. Meanings of the bibliography, bibliographic information, bibliographic list, bibliographic record, bibliographic description, and bibliographical reference are explained. The important features of GOST 7.1 – 2003 and GOST R7.0.5 – 2008, which show the differences in the elements of bibliographic description, and bibliographical references, are highlighted. Classification of the bibliography concepts is demonstrated. On the basis of the bibliography conceptual apparatus and its common scheme, the mental map of bibliographic information is developed. This makes possible to form the structure of the bibliographic information in the XML-document for further automation of bibliographic information processing and formation the informational structure in the software module of synthesis and analysis of bibliographic references.

Key words: *bibliography, bibliographic information, ontology, bibliographic record, footnote, bibliographic description, bibliographical reference.*

Citation: *Logunova OC, Ilina EA, Popov CN. Ontology of conceptual apparatus for processing bibliographic information. Ontology of designing. 2016; 6(4): 514-524. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-514-524.*

References

- [1] GOST P7.0.5–2008. Bibliographic reference. General requirements and rules [In Russian]. Moscow: Standartinform; 2008.
- [2] GOST 7.1–2003. Bibliographic record. Bibliographic description. General requirements and rules [In Russian]. Moscow: IPC Publishing house of standards; 2004.
- [3] *Popov SN, Ilina EA, Kocherzhinskaya YV, Okzhos KM, Ahmetova AU.* Information-theoretic analysis of solutions for processing the bibliographic information [In Russian]. *Fundamental research.* 2016; 5-2: 247-251.
- [4] OSCOLA Referencing Generator. The law essay professionals. Source: <http://www.lawteacher.net/oscola-referencing/>.
- [5] Citation Machine: Format and Generate Citations - APA, MLA and Chicago. The law essay professionals. Source: <http://www.citationmachine.net/>.
- [6] *Hanova AA, Grigoreva IO.* Object ontology as a way to form semantic knowledge model of a cargo port [In Russian]. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics.* 2009; 1: 76-81.

- [7] *Moiseev EI, Muromskij AA, Tuchkova NP.* Ontology of scientific space or how to find the genius [In Russian]. Ontology of designing. 2014; 4 (14): 18-33.
- [8] *Borgest NM.* Keywords of ontology of designing: review, analysis, generalization [In Russian]. Ontology of designing. 2013; 3 (9): 9-31.
- [9] *Korshunov OP.* Bibliography Science: general course [In Russian]. Moscow: Book Chamber, 1990. 231 p.
- [10] *Diomidova GN.* Bibliography: general course [In Russian]. Moscow: Book Chamber, 1991. 241 p.
- [11] *Lovyagin AM.* Fundamentals of Book Science: popular essay [In Russian]. Moscow: The rudiments of knowledge, 1925. 166 p.
- [12] *Abyzov YI, Minclov SR.* Bibliography [In Russian]. Rigas bibliophile: Almanac. Riga, 2003. P. 29-35.
- [13] GOST 16448–70. Bibliography. Terms and Definitions [In Russian]. Moscow: Interstate council for standardization, metrology and certification; 1971.
- [14] GOST 7.0–84. System of standards on information, librarianship and publishing. Bibliographic activity. Terms and Definitions [In Russian]. Moscow: IPC Publishing house of standards; 1985.
- [15] GOST 7.0–99. Information and library activities, bibliography. Terms and Definitions [In Russian]. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification; 1999.
- [16] GOST 7.80–2000. Bibliographic record. Title. General requirements and rules [In Russian]. Moscow: IPC Publishing house of standards; 2001.
- [17] *Albert YV.* Bibliographic reference: guide [In Russian]. Kiev: Sc. dumka, 1983. 248 p.

Сведения об авторах



Логунова Оксана Сергеевна 1966 г. рождения. Окончила Магнитогорский государственный педагогический институт в 1989 г., д.т.н. (2009), доцент (2002), профессор (2016). Зав. кафедрой вычислительной техники и программирования Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова, с 2010 г. действительный член Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. В списке научных трудов более 200 работ, 9 монографий, 3 патента на изобретения в области автоматизации проектирования, компьютерного зрения и искусственного интеллекта.

Logunova Oksana Sergeevna (b.1966) graduated from the Magnitogorsk State Pedagogical Institute in 1989; D. Sc. Eng. (2009), Docent (2002), Professor (2016), Chair of the Department of Computer Engineering and Programming at the Nosov Magnitogorsk State Technical University.

She is a member of Prokhorov Academy of Engineering Sciences. She is co-author of more than 200 publications, 9 monographs, 3 patents for inventions in the field of CAD, computer vision and artificial intelligence.



Ильина Елена Александровна 1971 г. рождения. Окончила Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова в 1994 г., кандидат пед. наук (2010), магистр по направлению «Информатика и вычислительная техника» (2014). Доцент кафедры вычислительной техники и программирования Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова. В списке научных трудов более 150 работ в области системного анализа, проектирования и разработки программного обеспечения в различных сферах.

Ilyina Elena Aleksandrovna (b.1971) graduated from the Nosov Magnitogorsk State Technical University in 1994; Ph. D. of Pedagogical Science (2010), M.S. in Computer Science (2014). Assoc. Prof. at the Department of Computer Engineering and Programming at the Nosov Magnitogorsk State Technical University.

She is co-author of more than 150 publications in the field of systems analysis, software design and development in various spheres.



Попов Сергей Николаевич, 1992 г. рождения. Окончил Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова в 2014, магистр по направлению «Информатика и вычислительная техника» (2016), аспирант по направлению «Информатика и вычислительная техника». В списке научных трудов 16 публикаций в области проектирования и реализации программного обеспечения для автоматизации процесса создания библиографического списка.

Popov Sergey Nikolaevich (b. 1992). B. Sc. in Computer Science and Computer Engineering (2014), M.S. in Computer Science (2016). He is a post-graduate student in Computer Science and Computer Engineering at Nosov Magnitogorsk State Technical University. He is co-author of more than 16 publications in the field of developing and implementation the software for automation the process of references list creation.

УДК 1:62

ОНТОГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУКТИВНОЙ УСЛОВНОСТИ¹

А.Н. Огнев

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королёва, Самара, Россия
phil@ssau.ru

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению теоретических импликаций репрезентативной модели, рассматриваемой как со стороны её онтологических характеристик, так и в плане её соответствия релевантному коду эпистемологической идентичности. Развитие научно-технического прогресса вызывает к жизни техническую рациональность, которая характеризуется особым соотношением объективных предпосылок и субъективных ментальных аттитюдов. В статье рассматриваются факторы сущностного детерминизма, выявляющие закономерности функционирования репрезентативных моделей, формирующих поле технической рациональности. Вводится и обосновывается понятие технодинамического априоризма, характеризующего семантическую и логическую когерентность актом рефлексии технического сознания. Принцип технодинамического априоризма реализуется в репрезентативных моделях, базирующихся на идее операционального понимания возможностей человеческого разума.

Ключевые слова: репрезентативная модель, рациональность, техническое сознание, технодинамический априоризм, операциональность, объективность, конструкция.

Цитирование: Огнев, А.Н. Онтогносеологический аспект проблемы конструктивной условности / А.Н. Огнев // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 525-540. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-525-540.

Введение

Проблема конструктивной условности, возникающая в процессе проектирования технически-значимого решения, составляет концептуальное средоточие технической рациональности, достигающей в условиях новоевропейской сциентистски-ориентированной цивилизации фазы обобществляемой онтологизации. Её актуальность обнаруживается как на уровне региональных онтологий, так и в частнонаучных эпистемах, начинающих жить в режиме прагматических санкций социализируемой рациональности вне аутентичных лимитов породившей их теории познания. Эти проблемные ракурсы зачастую оказываются скрытыми в массивах предметных опосредствований, с которыми имеет дело технический ум, тогда как «высокая» умозрительная философия оставляет в небрежении вопросы, третируемые ею как

¹ *Инженеры и философы ищут общий язык* – таков лейтмотив прошедшего в Самарском университете 1.11.2016 семинара «Онтология проектирования» (<http://www.ssau.ru/news/13251-Inzheneriy-i-filosofy-ischut-obschiy-yazyk/>), на котором обсуждался, в том числе, материал данной статьи. Творческий союз инженеров и философов важен, т.к. широта и глубина философских знаний востребована при построении семантических и математических моделей для будущих систем искусственного интеллекта. В любой профессиональной области всегда складывается свой язык, на котором общаются специалисты. Обычно философы, «парящие» на вершинах человеческой мысли и оперирующие понятиями как «облаками без границ», не ищут прагматики в своих умозаключениях. В то время как инженерам важно структурировать и формализовать знания. Продолжающаяся дифференциация науки не продуктивна без интеграционных, философских основ. Язык публикуемой статьи соответствует культурной среде философов, формировавших и оттачивавших свой глоссарий в недрах немецкой классической философии. Современный инженер с удивлением обнаружит для себя иной языковой пласт, описывающий поле его деятельности, и, возможно, обогатит свой профессиональный словарь терминов и понятий. *Прим. ред.*

«прикладные». Между тем, именно при их решении человечество складывается как общность, степень осознанности которой индексируется в функциональной интегрируемости осуществляемых ею практических начинаний, имеющих выраженную операциональную сторону. В силу сказанного проблема конструктивной условности оказывается неспецифическим отражением онтогносеологического фатума любой рациональной теории, вынужденной апеллировать к идее оптимизации проблемы соотношения бытия и мышления.

Предлагаемый взгляд на конструктивную условность минималистичен по меркам классической метафизики, коль скоро её ключевые сюжеты в модусе конструктивной условности оказываются понятийно-редуцированными. Теологические, космологические и психологические проблемы технически-исполнимых решений не имеют, но любое существующее техническое решение опирается на онтологические предпосылки и осуществляет некий теоретико-познавательный ресурс, рациональность которого ограничена критически автореферентными формализмами метафизики. Философ убеждён в случайности всякого содержания, которое противится фабуле окончательных метафизических решений. Технический ум, в свою очередь, избегает пафоса, которого работающие конструктивные условности лишены. Действительность же, которую философский и технический ум понимают столь различно, в своей тематичности едина именно в силу того, что в ней заключены конструктивные условности, трактуемые то мировоззренчески, то операционально.

Из сказанного вытекает следующий порядок проблемной экспозиции понятия конструктивной условности:

- 1) необходимо охарактеризовать специфику технической рациональности, выявив её признаки;
- 2) подвергнуть критическому рассмотрению установки метафизического пуризма;
- 3) охарактеризовать роль конструктивной условности в научном мышлении;
- 4) эксплицировать онтогносеологическое значение принципа детерминизма;
- 5) показать черты объективации репрезентативной модели онтологического проекта.

Инвариантность этого порядка носит не догматический, а проблемно-диспозитивный характер.

1 Проблема технической рациональности

Развитие технической ментальности, вызванное научной революцией Нового времени, составляет основополагающий фактор реального самоопределения мысли, преодолевшей свой чисто интеллектуальный генезис и обнаруживающей новые значимые валентности по факту своей легитимации в структурах «второй природы», создаваемой человеком. Образуя многофакторную системную конфигурацию, техническое решение как таковое базируется на принципе осуществимости логической процедуры редукции, изымающей из комплекса системных взаимосвязей некий абстрактный момент, на основе которого формируется модель, к числу признаков которой принадлежат:

- a) функциональная востребованность;
- b) логическая однозначность;
- c) операциональная транслируемость;
- d) системная совместимость с существующими техническими решениями;
- e) процедурная предсказуемость способов устранения возможных дисфункций.

Подобного рода модель оказывается нацеленной на оптимизацию известной конфигурации фактов «второй природы», в которой не обнаруживается никакого самостоятельного содержания, выходящего за пределы стандартного ментального формата. Техническая ментальность опирается в концептуальном смысле на ту или иную версию детерминизма, учи-

тывающую реальную сложность предусмотренных предметных процессов, охватываемых заданным техническим решением. Это положение дел подразумевает отсутствие исключений из комплекса титульных детерминаций, что и предполагает принципиальную рациональность исполнимого технического решения по его родовым признакам как ментального конструкта.

Техническая рациональность объемлет объективации сущего, определимого посредством понятия конструктивной условности. Само же это понятие должно удовлетворять конечному числу дефинитивных критериев, допускающих аксиоматизацию применительно к признакам фамильного сродства конструируемых объектов. Будучи сформулированным в предельно абстрактном виде, это требование указывает на формализацию исходных предпосылок, включающую в их составе какую-либо спонтанную содержательную активность. Здесь речь пойдет о понятии «технической ментальности» как о совокупности черт сознания, обнаруживающихся при решении технических задач. Техническая ментальность не допускает сюжетов, в которых материально-содержательный момент смог бы обнаружить в себе свойства, не предусмотренные базовым модельным формативом (под которым надлежит разуметь исходную и инвариантную модель формализации), коль скоро параметрический базис данного формата принят в качестве номинативного субститута предметно-объективируемого курса реальности. В параметрический базис формата входят характеристики модели в том её смысле, в каком она мыслится без противоречия и интуитивно представляется. Номинативный субститут легализует модель в её знаковом качестве. Остаётся, тем не менее, вопрос о том, какого рода формализмы образуют суть технического решения – формализмы онтологического порядка, относящиеся к абстрактным характеристикам бытия, или же формализмы мышления, заданные теоретико-познавательными возможностями субъекта, приписывающего той или иной модели востребованный операциональный статус. Онтологические и гносеологические формализмы имеют разное обоснование, но они обнаруживаются в тематическом базисе одного и того же модельного формата. В чисто философском плане бытие и мышление несоизмеримы и декларируются отличными друг от друга по своим родовым характеристикам, но в техническом решении они оказываются связанными между собой в общую конструктивную условность. Обнаруживается любопытный парадокс: технически-осуществимая конструктивная условность демонстрирует эффективность операционального комплекса, объединяющего предмет и мысль о нём, что невозможно по имманентным критериям как онтологических, так и гносеологических теорий, рассматривающих бытие и мышление в их самозамкнутой обособленности. Техническая рациональность, таким образом, санкционирует то, что с точки зрения «чистого разума» было бы обречено на теоретическую дефицитарность дискретного объекта, допускающего только казуистический режим позиционирования.

Нет ничего удивительного в том, что для носителя технической ментальности этого парадокса не существует, поскольку к числу его характеристик как нормального субъекта, субъективность которого исчерпывается операциональными нормативами, принадлежит отсутствие вовлечённости в мировоззренчески-значимую конфигурацию мотивов мысли, но для философски мыслящего ума этот парадокс должен был бы стать значимым стимулом для критической рефлексии. В действительности же этого не происходит: метафизический догматизм упивается иллюзией трансцендентности собственной позиции и подвергает психозащитной цензуре такие коллизии мысли, которые не укладываются в удобную ему теоретическую фабулу. Вот почему проблема конструктивной условности, заключающая в себе очевидный интеллектуальный вызов для метафизического квиетизма философских умов, оказывается оттеснённой на теоретическую периферию, где ей навязывается репутация прикладной проблемы, до рассмотрения значения которой ни онтолог, ни гносеолог не снисходят.

Данное положение дел не следует считать результатом простого небрежения, а надлежит трактовать как дефензивный приём, посредством которого метафизика устраняется от анализа проблемы, грозящей обнаружить хиатус в комплексе её базовых компетенций.

Суммируя сказанное, можно сопоставить черты технической рациональности с чертами рациональности, обнаруживающимися в естественнонаучном мышлении (ориентированном на познание природы), и чертами метафизического мышления (ориентированного на трансценденцию абстракции естественного порядка). Данные этого сопоставления можно свести в аналитическую таблицу типологических различий (таблица 1).

Таблица 1 – Аналитическая таблица типологических различий

Типы Черты	Естественно-научная рациональность	Техническая рациональность	Рационалистическая метафизика
Объект познания	предмет природы, данный в опыте	предметная сторона мысли, задающая условные границы для опыта	умопостигаемый предмет, трансцендирующий природу
Субъект познания	эмпирический	практический	трансцендентальный
Признаки модели	а) феноменологическая очевидность, б) экспозитивная вариативность, в) естественная обусловленность, г) локализованная витальность, д) сериальная фактографичность	а) функциональная востребованность, б) логическая однозначность, в) операциональная транслируемость, г) системная совместимость, д) процедурная предсказуемость	а) эссенциальный супплетивизм, б) ментальная дефинитивность, в) компенсаторность, г) системный априоризм, д) континуальная антиципация

2 Кризис установок методологического пуризма в философии

Проблема онтологического статуса конструктивной условности ставится в классической философии, преимущественно, в методологическом ключе, что предполагает отказ от проблемных референций и мировоззренческих коннотаций фатального для любой методологии режима прямого обсуждения «основного вопроса философии». Со времён кантовского критицизма «конструктивная условность» подаётся как методологический приём, рассчитанный на воспроизведение онтологического эквивалента средствами мыслительной иллюзии, доведённой до рутинного автоматизма. Всякая материальная определённости подаётся методологически как частный прецедент продуктивности. Так, например, Ф.В.Й. Шеллинг утверждает, что «определённая материя есть также продукт, и, следовательно, обладает свойствами продукта, так как природа возникает для меня путём конструкции, а всякая конструкция есть продуцирование. Следовательно, поскольку этот дуализм обнаруживается в качестве существенного в каждой конструкции, он должен служить и единственным удовлетворяющим объяснением всех явлений» [1, с.25]. Предложенная Шеллингом программа онтологизации дуализма верна в том, что раскрывает чётность конструкции в качестве аналитического признака всякой конструкции, описываемой в бинарных оппозициях через аксиоматизацию закона исключённого третьего, но в ней отсутствует объяснение того, почему это методологическое основание, релевантное для мыслительного процесса, должно исчерпывать сущностные характеристики реального предмета. Классическая философия исходит, тем самым, из того, что конструктивная условность беспредпосылочно схематизирует реальность, которая, в свою очередь, не заключает в своём сухом остатке никакого собственного содержания, образующего метафизическую загадку в каком-либо предметно-верифицируемом качестве. Если

это так, то конструктивная условность имманентна всякой предметной реальности, не обнаруживая при этом никаких неотчуждаемых предметных реквизитов, что противоречит задекларированной установке на онтологизацию дуализма именно в аспекте его особенной продуктивности, об актуальности которой должен свидетельствовать распознаваемый комплекс специфицированных значений. Возникает вопрос о том, как этот комплекс квалифицировать: как идеальный, то есть независимый от сознания, но вполне объективный (подобно платоновским идеям), или же как достижение мысли, которое невозможно без наличия мыслящего субъекта? Эмпиризм низводит идеальное до результата рассудочного обобщения данных опыта, превращая его в продукт мыслительной деятельности и лишая его объективного статуса. А оппоненты эмпиризма придают зачастую результатам мыслительного процесса статус идеи, имеющей вечную и неизменную сущность. Оба подхода могут привести к ошибкам, но противоположного плана. Общего внеэмпирического критерия уместности, уберегающего от одной из этих ошибок, не может быть. Этим объясняется отказ от различения мысленного и идеального аспектов по факту их единовременной локализации в предмете. Но всё дело в том, что конструктивная условность позволяет выявить разницу в реификации мыслей и идей на уровне отношения процесса к результату, без чего само понятие конструктивной условности теряет свою операциональную востребованность.

Совершенно очевидно, что с точки зрения технической рациональности растворение результативного аспекта в процессуальном, ярким примером которого могут служить эксцессы гегельянского «снятия», лишены определяющего значения и неприемлемы. Вот почему негативная диалектика как в её спиритуалистической, так и в материалистической версиях оказывается несостоятельной перед лицом проблемы конструктивной условности. Это позволило Ф.А. Тренделенбургу признать, «что чисто отрицательное, будучи ничем и имея свою сущность в одном только безусловном упразднении, не может быть поставлено сущим» [2, с.158]. Конструктивная условность же обладает атрибутом продуктивности как признаком, гарантирующим самому её понятию устойчивую и доступную для человеческого понимания логическую идентичность, без которой она вырождается в дисфункциональную и прагматически-неоперабельную мыслительную фикцию, лишённую для технической рациональности каких-либо интересных свойств. Запоздалой реакцией на это можно считать констатацию Г. Когена: «Сейчас имеется единство предмета, которое не висит в воздухе, но которое действует и обосновывается в непрерывном производстве фундамента для предмета» [3, с.446]. Указание на возможность континуальной воспроизводимости предмета как условного комплекса эмпирических детерминаций составляет значимое достижение Марбургского неокантианства, сохранявшего, однако, в самой трактовке конструкции черты изначального критического пуризма, присущего данному направлению философской мысли в целом, озабоченного, согласно признанию А. Поми, «принципом также и в узком смысле безусловленного условия познания бытия» [4, с.133]. Этот узкий смысл операционально совместим, однако, с понятием конструктивной условности, поскольку последняя актуализируется посредством гипотетических, а не категорических суждений, взятых в их безусловности, что позволило русскому неокантианцу А.И. Введенскому утверждать, что «наше условное суждение, конечно, будет не в состоянии привести к такому доказательству общего синтетического суждения, при котором не было бы надобности пользоваться в виде доказывающего основания другим общим синтетическим суждением» [5, с.203]. Такой ход мысли позволяет поставить под сомнение возможность прогресса научного познания, опирающегося только на одни конструктивные условности, взятые безотносительно к их содержательному реальному корреляту, данному посредством чувственных ощущений.

Методологический пуризм есть следствие абстрактности мысли, её неспособности обрести себя в материале предметного опосредствования. В нём абсолютизируется форматив

мышления и в таком виде выдаётся за идею, которой реальность должна соответствовать, но которой она исчерпана быть не может. Пуризм стремится состояться в качестве метода объективации норм, принадлежащих долженствованию, но не вытекающих из существования предметного многообразия познаваемой действительности. Кризис обретает в критике свой логос, вскрывающий искусственность абстрактных границ, навязываемых мышлением бытию. Кризис установок методологического пуризма позволяет выявить фазы, в которых нормативистская абстракция меняет свои функциональные особенности. Основные моменты можно представить в виде таблицы фазовых нормативов (таблица 2).

Таблица 2 – Таблица фазовых нормативов кризиса методологического пуризма

Фазы	Предпосылки	Процедура	Результаты
<i>Докритическая</i>	догматизм готовых понятий	расширение объёма понятия	обесценивание содержания
<i>Кризис</i>	критика как рефлексия по поводу границ	спецификация содержания	релятивизация понятийных объёмов
<i>Посткритическая</i>	релятивизм предпосылочных субституций	конструирование условий для разделения объёмных и содержательных факторов	вытеснение результатов формализацией факторов

3 Конструктивная условность в контексте философии науки

Несостоятельность пуристического подхода к проблеме конструктивной условности становится поводом для поисков гаранта единства онтогносеологического синтеза конструктивной условности в тематизации перцептивных комплексов как ассоциативных образований, обладающих относительной устойчивостью, достаточной для релевантных отправлений прогностической функции в человеческом познании. Такой подход предполагает отказ от каких-либо метафизических интерпретаций конструктивной условности, ибо для того, чтобы считать перцептивный комплекс устойчивым ассоциативным образованием, можно ограничиться указанием на наличие статистической закономерности, образующей инвариантный концептуальный интроект для квалифицированной подборки вариативных данных. Эмпириокритицизм Э. Маха и Р. Авенариуса представлял собой попытку решения проблемы конструктивной условности в ситуации фронтальной утраты субстанциальности, выразившейся в сведении самих эмпирических данных к дифференцированной символике процессов энергетического обмена. Возвестив отказ от метафизических притязаний разума в качестве базовой предпосылки научного познания, эмпириокритики стремились ограничить само познание как таковое сериями конструктивных условностей, взаимодействие между которыми должно было соответствовать общей фабуле энергетизма. Достаточность последней с точки зрения рациональности не вызывала у эмпириокритиков никаких возражений. Э. Мах писал: «Закон ассоциации оказался достаточным, чтобы осветить рассматриваемую здесь деятельность научной фантазии. Но художественная фантазия обнаруживает в своих проявлениях известные особенности, и для их изложения мы должны пойти несколько дальше. Ассоциация не ограничивается процессами сознания, представлениями. Вообще все процессы организма, совместно часто повторяющиеся, обнаруживают тенденцию к сохранению этой связи» [6, с.169]. Согласно основоположнику эмпириокритицизма, ассоциация возникает на основе рестриктивных функциональных аккомодаций, достаточных для воспроизведения устойчивого энергообмена. Исходя из принципа «экономии мышления», всякую условность познания можно считать таковой только внутри ассоциации, где она наделяется функциями, оптимизируемыми в конструктивно-значимых лимитах. У последних нет и не может быть собственно материальных эквиваленций, а могут быть символические эквипотенциалы, яв-

ляющие физический смысл допустимых в эпистемологическом плане аксиоматик, поскольку таковые представляют собой различные способы каталогизации ассоциаций с точки зрения их противоречивости.

В ситуации метафизического обесценивания содержательного постулата о материальном единстве мира конструктивная условность становится операциональным символом актуализации здесь и сейчас допустимого аксиоматического протокола. Абстрагируясь от проблемы онтогносеологического статуса элементов, образующих конструкцию, можно, вслед за Л. Кутюра признать, что «первые понятия можно считать чистыми символами, смысл которых неопределён и безразличен и которые должны только удовлетворять первым предложениям. Понятно, поэтому, что одна и та же формальная дедуктивная теория может иметь несколько материально различных применений, если возможно найти для ансамбля неопределённых символов несколько интерпретаций, одинаково могущих удовлетворять ансамбль недоказанных предложений» [7, с.35]. Такой подход к проблеме конструктивной условности вполне подходит для математики, имеющей дело с объектами произвольной природы, которые в равной мере способны как не обладать никакой природой вообще, будучи лишёнными всякого онтологического веса, так и быть присущими всякой природе, имманентно её внутреннему понятию, не будучи мыслимыми вне её. Имея дело с объектами произвольной природы, математика не может выдвигать квалифицированных требований к разграничению объёмных и содержательных признаков понятия, как то необходимо для выбора чувственных интуитивных предвосхищений, востребованных по основному психофизиологическому закону Вебера-Фехнера и по «шагу Гёффдинга» для образования ассоциативных комплексов. Основной психофизиологический закон Вебера-Фехнера играет в психологии ту же роль, что и три закона Ньютона в механистической картине мира. Значение этого закона в том, что разница между фоном и стимулом носит порядковый характер и подлежит учёту при помощи логарифмов. Мы видим, что качественные различия между восприятиями можно представить как количественные. Не меньшей фундаментальностью для научной экспериментальной психологии обладает и понятие «шага Гёффдинга», под которым понимается упреждающее распознавание предметной целостности образа, предшествующее частным перцептивным деталям. Лишь косвенным образом качественные характеристики, ограничивающие антиципации чувственных восприятий по канону трансцендентальной аналитики кантовской таблицы категорий, могут быть представлены количественно, как того требует аксиоматика наглядных представлений. Это значит, что конструктивной условностью можно считать форматив такой гипотезы, которая позволяет достичь общезначимой меры транзитивности для антиципаций восприятия, выражающих интенсивность качества, и для аксиом наглядного представления, обналичивающих количественную экстенсивность.

Получается, что конструктивная условность обеспечивает транзитивность фактов внутреннего и внешнего опыта. Образую гипотетически третий член² для сравнения, конструктивная условность являет наглядно сам эффект логической транзитивности. Но если это так, то всякая конструктивная условность должна необходимым образом требовать нечётных и только нечётных оппозиций, в которых транзитивность среднего термина³ предстаёт как «опосредствование» в диалектическом гегелевском смысле, что, однако, в корне противоречит идее чётности конструктивной условности в плане её аналитической истинности, вытекающей из бинарности тематической оппозиции.

² «Третий член для сравнения» - это понятие, на котором основан принцип транзитивности, суть которого в том, что если два предмета в каком-либо отношении равны третьему, то они равны в том же отношении друг другу. *Прим.автора.*

³ В «среднем термине» осуществляется диалектическое снятие взаимоисключающих противоположностей, присущих абстрактному мышлению рассудка. *Прим.автора.*

«Противоречие» между аналитической чётностью и диалектической нечётностью конструктивной условности представляется фатальным лишь для абстрактно-метафизического мышления. Оно видится таковым, если исходить из противопоставления чётных и нечётных функций, предполагающих гипотезу о различных основаниях симметрии. Принимая во внимание онтогносеологическую двусоставность конструктивной условности, можно говорить о различии способов её интерпретации в бытии и в мышлении относительно аналитических и диалектических способов её протокольного позиционирования. Эта оговорка никоим образом не является софизмом, но заключает в себе указание на те основания, которые позволяют употребить любую конструктивную условность софистически. Коль скоро ни одна мысль и ни один предмет сами по себе софизмами не являются, а становятся таковыми относительно своего узуса в неверифицируемых гипотезах, конструктивная условность не может избежать их общей судьбы. Каким бы превратным ни был узус с точки зрения софистических установок, он может состояться в своём софистическом качестве только при наличии нормы понятия, которая этим узусом формируется. Коль скоро за всякой деформацией стоит возможность формализации по канонам нормального субъекта, нет оснований сетовать на то, что конструктивная условность отягощена неким софистическим узусом. Тот факт, что последний не исключён без предварительных рассмотрений, является косвенным поручительством в пользу того, что существует норматив классической формализации конструктивной условности. Вопрос же относительно того, насколько эта формализация доступна для наличного носителя субъективности, не есть вопрос теории, ибо это вопрос о том, насколько субъект, прибегающий к конструктивной условности, наделён доброй волей, которая позволяет ему стать ипостасью нормального субъекта, мыслящего своё единство посредством легитимных ценностных установок. Этот аксиологический ракурс проблемы конструктивной условности имеет практический смысл, поэтому он не может обладать значимостью для знания, заявляющего о себе как о теории. Следовательно, всё дело исключительно в нормативах формализации, обеспечивающих континуальность заданных полевых эффектов конструктивной условности для контекстуальной конфигурации, характеризующей отношение бытия и мышления.

Теория множеств обладает необходимым нормативным потенциалом, позволяющим трактовать онтогносеологическую проблему с позиций метафизического нейтралитета, о чём свидетельствует программная преамбула Ф. Хаусдорфа: «Множество возникает путём объединения отдельных предметов (вещей) в одно целое. Оно есть множественность, мыслимая как единство. Если бы эти или подобные им высказывания выставлялись в качестве определений, то можно было бы вполне основательно возразить, что они определяют тавтологически или даже определяют неясное через неясности иного рода. Однако мы можем их толковать просто как указания на некоторый первоначальный, всем свойственный акт мышления, который, быть может, и нельзя, а может быть, и не нужно разлагать на другие, более простые акты» [8, с.9]. Смысл этого признания в том, что теория множеств, во-первых, не допускает дефинитивных решений, будучи, подобно гегелевской диалектике, беспредпосылочным знанием, во-вторых, заключает в себе возможность взаимно-обратной интерпретации элементов бытия и мышления относительно квалифицированной целостности, в которой явлено их единство, и в-третьих, заключает в себе форматив акта, действительность которого заключена только в нерасторжимом синтезе онтологических и гносеологических элементов. Поэтому, во-первых, дефиниции что-то значат только при наличии множества, во-вторых, мыслимости элементов соответствует целостность бытия или бытию элементов соответствует целостность мысли, в-третьих, действительно только то, что допускает формулировку нормы. Вот почему А.А. Френкель и И. Бар-Хиллел начинают само изложение начал теории множеств с заявления, ввергающего метафизиков в состояние когнитивного диссонанса: «Для

целей более прочного обоснования теории множеств в принципе безразлично, считать ли антиномии катастрофой, заставляющей нас помимо нашего желания искать другую, более надёжную основу, или же рассматривать их в качестве (своевременно обнаруженного) симптома болезни, которую без них можно было бы и проглядеть» [9, с.31]. Конструктивная условность симптоматична, но в себе и для себя не резолютивна.

Говоря о симптоматическом значении конструктивной условности, следует иметь в виду её способность, будучи моделью частного технического решения, указывать на целый класс онтологических объектов, обладающих оперативным функционалом, относительно которого правомерно утверждение о том, что он может быть реифицирован в существующей конфигурации предметных границ, приобретая в них значимость «бытия-в-признанности». Этот гегелевский термин указывает на возможный порядок актуализации идеи, в котором человек может состояться как разумное и мыслящее существо, а не только в качестве носителя прагматических установок. Гегелевское «бытие в признанности» конструктивной условности симптоматично и для того общественного бытия, которое демонстрирует потребность в технических решениях разного уровня. Чем примитивнее общество, тем меньшую взыскательность обнаруживает и общественное сознание применительно к техническим решениям, взятым в модусе их обобществления в качестве фактора развития производительных сил. Особенно показательным отношением к математическому аспекту конструктивной условности, заложенной в то или иное техническое решение. На эту симптоматику указывал Г. Штейнгауз: «Люди, близкие к техническим наукам, знают о роли классической математики в инженерном деле и машиностроении, но считают её второстепенной; к такой точке зрения их склоняет назначение математических справочников. Их очень удивляет, когда, например, кто-то говорит, что вроцлавское общество технической математики решило проблему оболочек и куполов, представив их оптимальную форму для каждого контура. Удивление возникает потому, что эмпирики не понимают категорических суждений такого рода. Более того, нематематик чувствует себя особенно задетым за живое, когда кто-то делает из его предпосылок заключение, превышающее его воображение» [10, с.39]. Сказанное позволяет понять, что конструктивная условность может бытовать и вне прагматики, предусмотренной социальными репутациями технической рациональности, что она включает в себе концептуальную модель математизации универсума, выявляющую сущностные аспекты человеческой свободы, к числу которых принадлежит и умение доносить до других людей интуитивное видение гармонизированного мира, в котором возможно более продуктивное развитие сущностных сил человека, нежели то, которое с позиций исторической фабулы легитимировано в ригидных сценариях актуализации субъективности.

Конструктивная условность являет себя во взаимопроникновении бытия в мышлении и мышления в бытии, образуя модель их продуктивной индифференции в классическом шеллингианском смысле. Следует, однако, помнить о том, что онтология и гносеология обладает разными форматами проблематизации, системные нормативы которых не совпадают. Единство бытия и мышления в конструктивной условности призвано обеспечить баланс между комплектом базовых категорий и научной рецепцией гипотезы, которая может быть понята как в объёмном, так и в содержательном ключе. Поэтому конструктивная условность может демонстрировать свойства, различающиеся в зависимости от её отношения к методу, что следует из предлагаемой контрастивной таблицы (таблица 3).

4 Конструктивная условность и проблема детерминизма

Гносеологический момент конструктивной условности может возникнуть только там, где собственно онтологическая симптоматика подвергается критической рефлексии. В конструк-

тивной условности заключена не просто готовая эпистема, наделённая консенсусом общественного сознания, администрирующего техническую рациональность, прагматической санкцией, но содержится и латентная типология гипотез, адекватных номосу уместности. Этот номос не является неким конвенциональным образованием, а выступает в качестве познаваемой закономерности, охватывающей, в том числе, и эпистемологическое поведение субъекта научного познания как носителя технической рациональности. Между латентной типологией, опирающейся на реальные основания, и простой классификацией, заключающей в себе логику идеации родо-видовых отношений, нет антагонизма, но это не значит, что идеальное и реальное могут свободно и без ограничений конвертироваться друг в друга. Область допустимых конверсивных решений и занимает техническая рациональность, интегрирующая все исполнимые в материале конструктивные условности на основе зачастую заведомо идеалистического представления о том, что в критической философии трактовалось как «цель разума». Основоположник критической онтологии Н. Гартман не только последовательно разводил понятия «слоистости» и «ступенчатости», исходя из противопоставления типологических и классификационных признаков, но и показал критическую значимость этого (в основе своей онтологического) разграничения для теории познания: «В поле реального познания (познания реально существующего) априорный элемент не встречается изолированно. Там, где он изолируется искусственно, что, конечно же, имеет место в известных теориях, он теряет отличительную черту познания – объективную значимость, переходя в спекуляцию или в свободную комбинативную игру» [11, с.252]. Конструктивная условность, таким образом, есть гарант реалистичности поставленных теоретико-познавательных задач, коль скоро именно она являет фатум материального воплощения, вне которого техническая рациональность не достигает соответствия своему собственному понятию.

Таблица 3 – Контрастивная таблица онтологических и гносеологических аспектов конструктивной условности

	Онтология (бытие)	Гносеология (познание)
<i>Категориальный состав</i>	Базовые онтологизмы: <ul style="list-style-type: none"> ▪ пространство, ▪ время, ▪ материя, ▪ движение, ▪ сила 	Типы истинности: <ul style="list-style-type: none"> ▪ металогиическая, ▪ логическая, ▪ эмпирическая, ▪ трансцендентальная
<i>Способ проблематизации</i>	Апория (конфликт разных начал, предметных в бытии)	Антиномия (спор разума с самим собой о приоритетности одного из аспектов амфиболии его понятий)
<i>Гипотеза</i>	Мыслительная фикция, не имеющая предметного содержания в бытии, но имеющая фиксированный объём	Онтологический факт, не имеющий выраженного норматива познаваемости, указывающего на объём, но имеющий содержание вне разделения типов истинности
<i>Отношение к методу</i>	Приоритет редукции и минималистская ориентация на содержание	Приоритет пролиферации и максималистская ориентация на объём
<i>Рецепция</i>	В вертикальном контексте (диахроническая) необратимость	В горизонтальном контексте (синхроническая) обратимость

Конструктивная условность технического решения мыслима в своей действенности только как проявленный и осознанный прецедент направляемого (на востребованные для преобразования объекты) универсального на понятийно-теоретическом уровне, но переменного по своим прагматическим санкциям, детерминизма. В рациональности технических решений детерминизм обналичивает свой понятийный потенциал, но не умножает своих аргументов, относящихся к его откровенным метафизическим притязаниям. Конструктивная условность характеризуется формальным минимализмом значимых детерминаций, фокуси-

рующихся вокруг понятия причинности. Техническая рациональность видит в ней только комплекс правил, но с точки зрения «детерминизма» как разума, делающего познание мира реализуемой целью, причинность мыслится как принцип, обладающий универсальной значимостью. Характеризуя причинность в качестве принципа, М. Бунге писал: «Причинный принцип содержит непрерывность действия между причиной и действием, то есть отсутствие промежутков в причинных линиях. Это требование почти очевидно, так как любая разрывность в причинной цепи должна была быть приписана действию дополнительной причины» [12, с.163]. Сказанное позволяет увидеть в причинности принцип, когерентный в семантическом плане общей юрисдикции разума, но позиционирующий сам эффект этой когерентности посредством конечного перечня рассудочных абстракций. Понятие «дополнительности» косвенно указывает на ограниченность абстрактного мышления, которому предаётся рассудок. Сводимость понятия детерминизма к причинности обнаруживается как эффект имитативной воспроизводимости конструктивной условности в режиме её операциональной мобилизации, но по существу речь здесь идёт о редукционистском аспекте, придающем практикуемому техническому решению видимость предметной завершённости. Разумеется, чистое мышление в своих теоретических устремлениях может придавать самому понятию детерминизма целый спектр значений, ограниченный опционально «слабой» и «сильной» редакцией антропного принципа, но в том, что подлежит конструированию по условностям, значимым эмпирически, детерминизм остаётся общеконцептуальным основанием, мыслимым в его причинном аспекте. Прочие аспекты детерминизма, к числу которых принадлежат, например, субстанциальность или центральная детерминация, значимы лишь как общетеоретические допущения, не имеющие технически-выразимого смысла. Для технической рациональности они остаются иррелевантными коннотациями, совместимыми с конструктивной условностью вне контекста её предметной реификации.

Развитие научного знания, будучи взятым в его эмпирическом материале, не меняет тематических свойств эпистемы, заключённой в той или иной конструктивной условности, тогда как общая концепция детерминизма, актуальная для принятой научной картины мира, может детализироваться или подвергаться в своих проблемных пунктах критическому переосмыслению, нацеленному на оптимизацию функций рациональности как доктрины, опирающейся на конечное число способов обоснования. Конструктивная условность, базирующаяся на тематической эпистеме, должна отражать далеко не все детерминации, а только те, которые могут быть реифицированы в предметно-конфигуративном качестве посредством технического решения. В этом смысле конструктивная условность оказывается симплифицирующей репрезентацией данностей, предусмотренных детерминистскими презумпциями. Обеспечивая для этих данностей формат воспроизводимых реификаций, конструктивная условность предстаёт как идеат каузальной зависимости, трактуемой как модельный казус детерминаций, подлежащий типологическому индуцированию. Конструктивная условность должна состояться в модельном качестве, чтобы подтвердить свой статус технического решения, допустимого для определённого класса задач с фиксированным порядком сложности, отражающим параметрические признаки каталогизируемых титульных детерминаций.

Конструктивная условность, лишённая цели, в понятийном плане невозможна. Но эта цель должна быть соотнесена с различными прецедентами детерминизма, дабы она могла быть достигнута либо в плане бытия, либо в плане мышления. Метафизическое понимание антагонизма телеологии и детерминизма должно быть отвергнуто, дабы конструктивная условность могла иметь технический смысл. Если сохранить метафизическое понимание этого антагонизма, то развитие технической рациональности станет невозможным, так как придётся вернуться в аристотелевско-птолемеевскую Вселенную с физикой «естественных мест», ибо сообразно своим энтелехиальным качествам все тела тяготеют к своему есте-

ственному месту, которое они должны занять по показаниям доминирующего элемента. В этом сказывается целесообразность Вселенной по Аристотелю. Он мыслит метафизически. Необходимо преодолеть абстрактную метафизику, которая помещает в один ряд каузальные детерминации и телеологическую обусловленность. В аристотелевско-птолемеевской Вселенной существование техники избыточно. В нашей реальности телеологический принцип вынесен за скобки. Это делает возможным не искать потустороннего смысла в реальных конфигурациях предметного мира, а создавать технические опции, которые можно мыслить, не задаваясь вопросом о «целях природы».

5 Разрешение конструктивной условности в модель онтологического проекта

Принимая во внимание фактор прагматической востребованности технического решения, далеко не каждая конструктивная условность сможет дорасти до доступной для интуитивного понимания вне лимитов фактической данности репрезентативной модели, ибо последняя заявляет о себе только при наличии технологического горизонта, по отношению к которому её мобилизационный потенциал может быть обналичен. Заклучая в себе конфигуративные качества реальных обстоятельств предметности, модель несёт себе апеллатив специфицированной продуктивности, позволяя воспроизводить в реальности свойства, задаваемые технически-исполнимой программой. Модель объективирует предсказуемый образ действия применительно к действительности конечных человеческих интересов, ибо действительность конструктивной условности предполагает индифференцию её естественного генезиса. На это обращал внимание М. Вартофский, рассматривая агентивный аспект модельной репрезентации: «Акцентировка на способе действия, который модель представляет, означает, что способ действия соотносится с видимой целью. Таким образом, это соотношение имеет две стороны: с одной стороны модель – воплощение идеи, а с другой – она в динамическом аспекте является средством реализации цели. Модель одновременно учитывает цель и гарантирует её реализацию» [13, с.127]. В той мере, в какой модель динамизирует материал, подлежащий продуктивному преобразованию, она становится указанием на прецедент энергетического обмена, теряя в самом своём понятии субстанциалистски-значимые черты. С этого момента она интересна исключительно как указание на техническую исполнимость продукта с заданными свойствами при меньших затратах ресурсов, труда, а также самого времени своей собственной реификации. Эти соображения, разумеется, имеют смысл только тогда, когда конструктивная условность, переведённая в статус модели, совместима с самой технологической ситуацией, характеризующей уровень развития производительных сил, относительно которого конструктивная условность практикуется операционально.

Конструктивная условность технического решения лишь косвенным образом имеет дело с «силами природы», ибо последняя редуцирована до уровня оперативного субстрата, трактуемого материально-вещественно, что делает любые натуралистические референции излишними, отводя им роль псевдообъяснительной избыточности, принадлежащей пласту ментальной архаики. Суть конструктивной условности интуируется не в натуралистических динамических импрессиях, а исключительно внутри технодинамического процесса. Не «силы природы», а потенциалы технических решений в плане их функциональной совместимости имеют значение для конструктивной условности, достигшей статуса репрезентативной модели, интерпретируемой с позиций возможного развития уже существующей технической рациональности. Здесь тотальной объективацией является технодинамический процесс, вне которого у конструктивной условности не обнаруживается никакой внятной эйдетики. Тотальность технодинамического процесса определяет здесь и сейчас значимость технического ре-

шения, поэтому у конструктивной условности нет иных пространства и времени, кроме тех, что реифицируемы с технодинамической точки зрения.

Понятие технической рациональности по самой своей онтогносеологической диалектике, таким образом, требует оппозиционной поляризации: полюс объекта будет фокусировать вокруг себя типологически-значимые реал-формализмы, регламентирующие тотальность технодинамического процесса параметрически, тогда как на полюсе субъекта сфокусируется эйдетика мыслительных актов, имеющих в виду принятие технологически-релевантных решений. Эту субъективность человек не может найти вне порядков технического обобществления своих сущностных сил, но познать понятийно не может вне своего нового, заведомо производного техногенно-детерминированного «естества». Именно в этом смысле уместно говорить о техническом сознании, причём не как о некоем «социокультурном феномене», а преимущественно в эссенциалистском ключе. Нет нужды при этом повторять перфекционистские догмы старой догматической метафизики, коль скоро само понятие сознания критично по определению, ибо его содержание будет демонстрировать базисные аддикции экзистенции человека по поводу его фактической технизации, что следует мыслить как кризисный травматический фактор, а его объём обнаружится в конструктивных условностях возможных компенсаций. Вот почему вне понятия технического сознания невозможен продуманный критический подход к человеку как к носителю трансцендентального паралогиума темпоральности, раскрываемого в логической фикции «современности». На эвристическую ценность понятия технического сознания указывает А.Ю. Нестеров: ««Техническое сознание» – это один из возможных путей исследования человека или сознания как такового, где рефлексия над рефлексией в конечном итоге покажет следующий за контролем над материей предел самопознания» [14, с.244]. Логика потенцирования рефлексии требует сосредоточения теоретических усилий философии не над метафизической абстракцией «полноты» или над диалектическим опосредствованием, а над фактором конкретизации понятия «предела роста», призванного выразить антропологический смысл онтогносеологического потенциала проблемы конструктивной условности.

Применительно к очерченной проблемной области возможный ответ, составляющий собственно философское пожелание к возможной полноте теории, мог бы состоять в концепции технодинамического априоризма. Однако построению подобной концепции препятствуют примитивные предрассудки антропоморфизма: до сих пор вызывает живой интерес вопрос о том, как научить машину мыслить так, как мыслит человек, вместо того, чтобы выявить пределы собственно человеческого роста в пространственно-временном континууме технодинамической тотальности. Первая, по сути своей регрессивно-утопическая установка, опирается на неоруссоистские фантазмы экзистенциализма, озабоченного сохранением своих псевдогуманистических реификаций в условиях массовой агонии несчастного сознания, а не поиском истины. Вторая установка не обсуждается на уровне проявления в осознанной эйдетике гештальта, но она становится всё более актуальной по мере профанации первой, и она уже действует не на словах, а на деле при обосновании технологических решений, изменяющих отжившую социо-антропологическую фактуру, игнорируя при этом психоидеологические последствия, поскольку их технический смысл не очевиден. Утопическо-регрессивный экзистенциальный псевдогуманизм требует от технической рациональности самоограничения во имя сохранения отживших идеалистических предрассудков, постулирующих метафизический изоморфизм действительности и её отражений. Но на это пожелание уже ответил Ю.А. Гастев, признав, что «ограничительные тенденции обнаруживаются именно в «смелой» гипотезе об актуальном изоморфизме Мира и Языка. Дело в том, что гипотеза эта утверждает не столько богатство Языка, сколько бедность Мира!» [15, с.69].

Развитие технической рациональности в ключе технодинамического априоризма предполагает принципиальную разрешимость конструктивной условности в модель совместимости онтологических проектов, выражающих сущностные черты технико-обобщённой человеческой субъективности. Этот пласт отношений неявно присутствует в онтологизации проективных устремлений мышления, решающего, как это представляется сегодня, исключительно технические задачи. Это значит, что развитие онтологии проектирования как ключевого достижения технического сознания имманентно заключает в себе проблему познаваемости того комплекса антропологических следствий внутри технодинамической тотальности, который сегодня трактуется, главным образом, психодинамически. Преодоление этих иллюзорных способов истолкования реальности не достигается в гуманистических экзистенциалах, а требует конструктивной условности, демонстрирующей единство бытия и мышления в предметных реификациях проективных установок.

Заключение

Онтогносеологический аспект проблемы конструктивной условности обнаруживается в инвариантном порядке своей теоретической экспозиции, которая отвлеченно эксплицирует сущностные коллизии, значимые для технической рациональности, проектируемые ею в конкретном материале. Мера абстрактности этой экспликации обусловлена тем, что для технической ментальности сам акт конструирования предстаёт в виде наглядной реификации комплекса материальных данных, подлежащих оптимизации сообразно значимой для наличного предметного ракурса гипотезе операциональной исполнимости. Тот факт, что у этой гипотезы наряду с материальными предпосылками есть и внутренняя эйдетика, вытекающая из сущности сознания, остаётся в составе самой технической ментальности латентным допущением, не имеющим фиксированной локализации в самом техническом решении. Только конвертируясь в превращённую форму прибавочной ценности присвоенного времени, указанная латентная эйдетика воплощается в ритмическую фигуративность технико-исполнимого в материале решения, приобретающего черты проективной релевантности. Выявление этой закономерности экспонируется теоретически в пяти рассмотренных фазах, выражающих сущностные аттитуды технической рациональности как формы сознания, имеющей инвариантный порядок рефлексивного опосредствования.

1. Техническая рациональность имеет доступ только к тем объективациям сущего, которые характеризуются тематизацией в рамках операциональной исполнимости конструктивной условности. Пока эта рамочная установка действует, нет нужды различать формализмы бытия и формализмы мышления, характеризующиеся теоретической несоизмеримостью в их отвлечённом качестве, но унифицируемые предметно в востребованной техническим решением материальной реификации.

2. Методологический пуризм, устанавливающий дистинкции внутри онтогносеологического комплекса, есть симптом кризиса «чистого мышления», заданного в режиме логического нормативизма. Техническая рациональность требует материальной определённости для продукта, проектируемого посредством конструктивной условности, а не абстрактной дедуцируемости технического решения из конфигураций картины мира, опирающейся на психоидеологические санкции.

3. Наука не может строиться на метафизических репутациях, а потому она может считаться только с такими конструктивными условностями, которые могут быть обналичены посредством внятной схематизации «курсов обмена» энергетических затрат, востребованных в ходе предметной реификации. Эта схематизация аксиоматична в силу своей операциональной исполнимости, а не в силу того, что возможна некая предпочтительная метафизическая

интерпретация, которой должно следовать. Желаемая полнота технического решения имеет прагматический смысл, обладающий титульными признаками операциональной воспроизводимости и объективируемой транзитивности.

4. Конструктивная условность есть прецедент не природного, а технического детерминизма, параметрически легитимируемого и воспроизводимого посредством интуитивной репрезентативной модели. Последней присуща гносеологическая ригидность, влекущая за собой фатум типологической симплификации реальности.

5. Конструктивная условность разрешима в модель онтологического проекта в той мере, в какой она соответствует критерию технодинамического априоризма, в границах которого техническое сознание обладает агентивной достоверностью в собственном и строгом смысле. Сущностные признаки действительности технического сознания формируют поле диспозитивных антропологических вероятностей, которое может быть упорядочено только на эссенциальных, а не экзистенциально-психологических основаниях.

Итак, конструктивная условность определяет фактическую исполнимость онтологического проекта, образуя структуру идентичности, гарантирующую единство технической рациональности. Она предстаёт как «хорошо обоснованный феномен» (в гётеанском смысле) в границах применимости принципа технодинамического априоризма.

Список источников

- [1] Шеллинг, Ф.В.И. Сочинения в 2-х тт. / Ф.В.И. Шеллинг. – М.: Мысль, 1989. – Т. 2. – 636 с.
- [2] Тренделенбург, Ф.А. Логические исследования в 2-х тт. / Ф.А. Тренделенбург. – М.: Либроком, 2001. – Т.1. – 376 с.
- [3] Коген, Г. Теория опыта Канта / Г. Коген. – М.: Академический Проект, 2012. – 618 с.
- [4] Пома, А. Критическая философия Германа Когена / А. Пома. – М.: Академический проект, 2012. – 319 с.
- [5] Введенский, А.И. Логика как часть теории познания / А.И. Введенский. – М.: КомКнига, 2010. – 440 с.
- [6] Мах, Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования / Э. Мах. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 456 с.
- [7] Кутюра, Л. Философские принципы математики / Л. Кутюра. – М.: ЛКИ, 2010. – 272 с.
- [8] Хаусдорф, Ф. Теория множеств / Ф. Хаусдорф. – М.: ЛКИ, 2007. – 304 с.
- [9] Френкель, А.А. Основания теории множеств / А.А. Френкель, И. Бар-Хиллел. – М.: КомКнига, 2006. – 552 с.
- [10] Штейнгауз, Г. Математика – посредник между духом и материей / Г. Штейнгауз. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 351 с.
- [11] Гартман, Н. К основоположению онтологии / Н. Гартман. – СПб.: Наука, 2003. – 640 с.
- [12] Бунге, М. Причинность. Место принципа причинности в современной науке / М. Бунге. – М.: Инлитиздат, 1962. – 512 с.
- [13] Вартофский, М. Модели: репрезентация и научное понимание / М. Вартофский. – М.: Прогресс, 1988. – 507 с.
- [14] Нестеров, А.Ю. Вопрос о сущности техники в рамках семиотического подхода / А.Ю. Нестеров // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2015. - Т.14. - №1. – С. 235 – 246.
- [15] Гастев, Ю.А. Гомоморфизмы и модели. Логико-алгебраические аспекты моделирования / Ю.А. Гастев. – М.: Либроком, 2009. – 208 с.

ONTOGNOSEOLOGICAL ASPECT OF THE PROBLEM OF CONSTRUCTIVE COVENTION

A.N. Ognev

Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Samara, Russia
phil@ssau.ru

Abstract

The article considers theoretical implications of the representative model considered both from her ontologic characteristics and in respect of its compliance to a relevant code of epistemological identity. Development of scientific and technical progress brings technical rationality which is characterized by a special ratio of objective prerequisites and subjective mental attitudes. The article considers the factors of an intrinsic determinism revealing regularities of functioning of the representative models forming the field of technical rationality. The concept of the technodynamic apriorizm characterizing semantic and logical coherence by the act of a reflection of technical consciousness is entered and proved. The principle of the technodynamic apriorizm is implemented in the representative models which are based on the idea of operational understanding of opportunities of human mind.

Key words: *representative model, rationality, technical consciousness, technodynamic apriorizm, operationality, objectivity, construct.*

Citation: *Ognev AN.* Ontognoseological aspect of the problem of constructive convention [In Russian]. *Ontology of designing.* 2016; 6(4): 525-540. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-525-540.

References

- [1] *Schelling FWJ.* Writings in 2 volumes [In Russian]. – Moscow: Mysl; 1989. V.2.
- [2] *Trendelenburg FA.* Logical investigations in 2 volumes [In Russian]. – Moscow: Librocom; 2011. V.1
- [3] *Kants Theorie der Erfahrung von Dr. Hermann Cohen* [In German]. – B.: Ferd. Duemmlers Verlagsbuchhandlung Harrwitz und Gossman; 1871.
- [4] *Poma A.* La Filosofia Critica di Hermann Cohen / ed. Hugo Mursia. – Milano; 1988.
- [5] *Vvedensky AY.* Logic as a part of the philosophy of cognition [In Russian]. – Moscow: KomKniga; 2010.
- [6] *Mach E.* Ernst Mach: Erkenntnis und Irrtum [In German]. – Leipzig; 1917.
- [7] *Couturat L.* Les Principes des mathématiques. – Paris, Félix Alcan; 1905.
- [8] *Hausdorff F.* Set Theory [In Russian]. - Moscow: LKI; 2007.
- [9] *Fraenkel A, Bar-Hillel Y.* Foundations of set theory. – Moscow: KomKniga; 2006.
- [10] *Steinhaus H.* Miedzy duchem a material posredniczy matematyka. – Warszawa – Wroclaw: Wydawnictwo naukowe PWN; 2000.
- [11] *Hartmann N.* Zur Grundlegung der Ontologie. – Moscow: Science; 2003.
- [12] *Bunge M.* Causality. The place of the causal principle in modern science. – Harward University Press. Cambridge. Massachusetts; 1959.
- [13] *Wartofsky Marx W.* Models. Representation and the Scientific Understanding. – D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland; 1979.
- [14] *Nesterov AY.* The matter of essence of technical consciousness within the frame of semiotic approach [In Russian]. *Vestnik of the SSAU* 2015; V. 14, № 1: 235-246.
- [15] *Gastev YA.* Homomorphisms and models. Logical and algebraic aspects of simulation [In Russian]. – Moscow: Librocom; 2009.

Сведения об авторах



Огнев Александр Николаевич, 1969 г.р. С отличием окончил филологический факультет Самарского государственного университета. Кандидат философских наук по специальности «Онтология и теория познания». Преподавал в Самарской государственной областной Академии Наяновой на философском факультете. Доцент кафедры философии Самарского университета. К сфере научных интересов А.Н. Огнева относятся лингвистика, история германоязычных литератур, эстетика, метафизика, аксиология и психология личности.

Alexander Nicolayevich Ognev (b. 1969) graduated with honors from the philological faculty of the Samara State University. Doctor of Philosophy in "Ontology and the theory of knowledge." He taught at the Samara regional Nayanova Academy at the Faculty of Philosophy. Associate Professor of Philosophy of the Samara University. The sphere of his scientific interests are linguistics, history of German-speaking literature, aesthetics, metaphysics, axiology and psychology of personality.

УДК 519.711.3

ЛОГИКА ЭКОУСТОЙЧИВОЙ АРХИТЕКТУРЫ

А.Н. Ремизов

*Некоммерческое партнерство «Совет по «зелёному» строительству», Москва, Россия
re.mi@mail.ru*

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы онтологической сущности экологически устойчивой архитектуры, которая опирается на концепцию устойчивого развития ООН и холистическое, целостное видение мира. Автор интерпретирует понятие «целостность», которое Хайдеггер раскрывает через анализ существа техники в своих работах, используя онтологический метод, выявляющий мысль в виде необходимости. Автор рассматривает понятие «среда», которая является сущностной необходимостью для экоустойчивой архитектуры, её определяющим началом. Выделено шесть разных моделей конкретной среды, которые обуславливают соответствующие задачи, выбор научного или эстетического подхода в проектировании, материалы и технологии, определяют образ зданий. Эта среда, а именно – глобальный мир, природное окружение, социальная, метафорическая, медицинская, культурная – определяет соответствующую логику проектирования. Предложен новый онтологический подход к рассмотрению связей и отношений экоустойчивой архитектуры в единстве её логик.

Ключевые слова: онтология, холизм, сущность, логика, целостность, необходимость, среда, экология, экоустойчивая архитектура.

Цитирование: Ремизов, А.Н. Логика экоустойчивой архитектуры / А.Н. Ремизов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 541-554. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-541-554.

Введение

В начале XXI века вопросы, связанные с состоянием окружающей среды, приобретают первостепенное значение. Мир столкнулся с целым рядом глобальных проблем. Биосфере Земли, а соответственно и жизни людей наносится урон, динамика которого может стать необратимой.

Существо вопроса не всегда можно увидеть с первого взгляда. Так, например, экологический кризис может быть вовсе и не зависит от отношения современной индустрии к природе. Начала и причины кризиса могут быть скрытыми за лежащими на поверхности признаками, и поэтому он развивается, не встречая препятствий.

«Зависит ли человек - часть природы - от природы, призван ли он господствовать над ней, поскольку наделён способностью проникать в её сокровенные механизмы, или ему следует выучиться сосуществовать с ней как с равноправным существом, а может быть и заботиться о ней, нуждающейся в человеческой помощи, - подобные вопросы далеко не дело экологии. Они принадлежат кругу фундаментальных проблем человека, поскольку сам человек есть «вещь мыслящая», то есть не просто предопределён к некоторому способу существования, а самоопределён и, стало быть, ответствен» [1].

Ответственное отношение к миру, как единому целому, отображено в концепции устойчивого развития ООН, которая декларирует, что удовлетворение потребностей современного общества не должно наносить ущерб будущим поколениям.

Что определяет целостность нашего мира? Какое место в нём занимает экоустойчивая архитектура? Что определяет цели и задачи экоустойчивой архитектуры? Ответ лежит не в одном единственно верном определении этого понятия, а в установлении его сущностных смыслов.

1 Онтологический метод

1.1. Конституирующая цельность

Основные используемые понятия:

Экоустойчивый - сокращение от экологически устойчивый. Понятие передаёт также смысл слов: долговременный, экологически чистый, стабильный.

Необходимость - онтологическое начало того или иного дела, науки или искусства.

Среда - та или иная необходимость для формирования некоторой логики архитектуры.

Данная работа опирается на сущностный или онтологический метод, который открывает мысль в виде необходимости, а не желательности или целесообразности.

Согласно [2] философия открывает не идеи, среди которых можно выбирать, а могучие исторические силы, над которыми человек не властен, то, что действительно показывает себя в свете идей - не человеком устроено. Мыслитель лишь отвечает тому, что было к нему обращено как вызов.

Для понимания целостного, холистического подхода экоустойчивой архитектуры необходимо, прежде всего, понять на чём строится целостность современного мира. Первое целое, которое мы должны принять во внимание - это целое этого мира, сосредоточенное в том именно, что определяет строение его целостности.

Можно поступить по-хайдеггеровски и увидеть конституирующую современный мир силу в существе техники, конституирующую мир *в целом*. Не техники, которую мы видим и от которой пытаемся защитить то, что она перерабатывает, а существо техники, то есть того, что всё, включая всех людей, всю экологически озабоченную мысль, всю экоустойчивую архитектуру превращает в потенциально техническое.

Сущность техники не есть нечто техническое. Антропологическое и инструментальное определение техники представляет её как средство достижения цели и как человеческую деятельность. К технике относится изготовление и применение орудий, инструментов и машин, относятся потребности и цели, которым всё это служит. Техника сама есть некое орудие. Инструментальное представление о технике ставит человека в положение, которое заставляет его управлять и овладевать техникой, как средством.

Такая констатация при всей своей верности ещё не обязательно раскрывает вещь в существе. Чтобы приблизиться к пониманию сущности техники следует задать вопросы: «Что такое инструментальность сама по себе? К чему относятся такие вещи как средство и цель?» Посредством действия средства достигается результат. Средство здесь выступает как причина действия. Но причиной может быть и цель, в стремлении к которой выбирают средства.

Философия учит, начиная с Аристотеля, что есть четыре причины:

- 1) *causa materialis* (материал, вещество);
- 2) *causa formalis* (форма, образ, какую принимает этот материал);
- 3) *causa finalis* (цель, которой определяются форма и материал);
- 4) *causa efficiens* (действие, создающее результат).

У римлян слово *causa* (причина) означает действие, за которым выпадает следствие. У греков *aition* (вина) - нечто виновное в чём-то другом.

Каковы причины причинности? Что связывает четыре причины воедино? Материал, форма, цель - совиновники готовой вещи, но связывает их воедино четвертая причина *causa efficiens*. По-гречески разборчивое собирание значит логос (logos), который коренится в выявляющем обнаружении. Эти четыре вида вины - причины наличия и готовности определённой вещи. Наличие и готовность характеризуют присутствие чего-либо. Четыре вида вины позволяют вещи явиться, делают её присутствующей, явленной. В смысле такого выведения к явленности вина есть «повод», т.е. сущность причинности понятой по-гречески - то, что даёт чему-то ещё не явленному прийти к присутствию. В греческом смысле про-из-ведение - это не только ремесленное изготовление или художественно-поэтическое выведение к явленности и изображённости. Природа (fusus) - тоже произведение, которое берёт начало само в себе, в отличие от сотворённых вещей, которые берут начало в другом - в мастере и художнике. Четыре вида причин играют свои взаимосвязанные роли внутри события производства, выводя из потаённости в открытость то, что называется открытостью непотаённого. Греки называли это словом *αλήθεια*, римляне - *veritas*, мы говорим «истина».

Существо техники открывает область осуществления истины - выведение из потаённости. О чём же говорит слово техника (techne)? Оно относится не только к ремесленному мастерству и изящным искусствам, но также «стоит рядом» со словом знание (epistēmē). Они означают умение приносить ясность, разбираться в чём-то. То раскрытие, которым захвачена современная техника, развёртывается не производением в смысле поэзия (poiesis), а производством, ставящим перед природой новое требование быть поставщиком ресурсов, которые можно добывать и запасать, как таковые. Добывающее производство, как выведение из потаённости, происходит путём извлечения, переработки, накопления, распределения, преобразования ресурсов, при этом управление и обеспечение этого управления делаются главными чертами про-из-водящего раскрытия. То, что выходит на свет в результате производящего предоставления имеет установку на дальнейшее поставляющее производство. Всё, что таким образом поставлено, Хайдеггер называет «состоянием-в-наличии», придавая ему статус принципиального понятия. Им он характеризует способ наличествования вещи, затронутой производяще-добывающим раскрытием. Сущности вещей уже не противостоят субъекту, как предмет в его объективной реальности.

Как человек участвует в этом поставляющем производстве? Не принадлежит ли человек к состоящему-в-наличии? Обыденность таких выражений, как «человеческий материал» и «личный состав» говорит об этом. Применяя технику, человек первичнее природы участвует в поставляющем производстве как способе раскрытия потаённости. Но сама непотаённость не создана человеком, как не им устроена область субъектно-объектных отношений. Открывая внутри непотаённости присутствующее в ней, человек лишь отвечает её вызову.

1.2. Сущность науки

Наука и искусство в соответствии с распространённым представлением относятся к области культуры, где разворачивается духовная и творческая деятельность человека. Архитектура причисляется и к искусству, и к науке. «Как и искусство, наука не есть просто культурное занятие человека. Наука — это способ, притом решающий, каким для нас предстает всё, что есть» [3]. Современная действительность для человека в большой степени определяется тем, что называется западноевропейской наукой.

В чём заключается сущность науки нового времени? Чтобы разобраться в этом, нужно задать два вопроса: что называется «действительным», и что называется «теорией»? Прояснение этих вопросов может показать и сущностное соотношение одного с другим.

Действительность становится тем, что получается как следствие. Следствию предшествует причина (causa). Действительность переходит в область каузального, то есть причин-

но-следственного мышления. Не менее существенным моментом становится то, что следствие, как результат действия, предстает как вещь, предмет (*obiectum*). Ни античная, ни средневековая мысль не представляли присутствующее в виде предмета, подчеркивает Хайдеггер, Этот способ пребывания присутствующего он называет *предметным противостоянием*.

Наука устанавливает действительное как результат того или иного действия, то есть в виде причин и последствий, что открывает возможность обозревать действительное в его причинно-следственных взаимосвязях. Сущность науки вытекает из характера предметного противостояния, которое остаётся неизменным, несмотря на видоизменение предметной структуры теории. В современной науке решающее значение приобретает способ «рассмотрения», то есть характер прослеживающе-устанавливающего подхода, а именно - метод. Измерение и исчисление в науке, понимаемое в сущностном смысле, означает опредмечивание.

Современная наука ограничивает предметные области, которые представляет в качестве целого. Специализация - необходимое и позитивное следствие существования современной науки. На границе предметных областей образуются смежные области.

В современной науке происходят сдвиги в восприятии и определении предметного противостояния, в рамках которого выступает природа. Природа в её предметном противостоянии есть только один из способов, каким она обнаруживает себя, предоставляя для научной обработки, которая никогда не может охватить всю её сущностную полноту. Природа остаётся, например, для науки физики не-обходимой, потому, что теория зависит от присутствующего, не может обойти его и не может выявить всю сущностную полноту природы. Таким образом, *необходимое* правит в предметном противостоянии природы, которой, в качестве её опредмечивания, соответствует физика. Это необходимое, увиденное в физике, можно увидеть в каждой другой науке и искусстве, в том числе, в экоустойчивой архитектуре.

2. Сущность экоустойчивой архитектуры

2.1. Целостный подход

Первая цельность, рассмотренная в 1 разделе, конституирующая мир в целом, находится в существе техники, который Хайдеггер называет *по-ставом*. Он определяет характер всех других «целостностей», в том числе холистического подхода. Холистический (греч. *holos* - целый) подход рассматривает проблему соотношения части и целого, отдавая приоритет целому по отношению к его частям. Онтологический холизм представляет собой организационную установку на учёт всех сторон рассматриваемого явления, утверждает верховенство целостностей перед отдельными элементами [4]

Экоустойчивая архитектура опирается на идеи холизма и концепцию «устойчивого развития». После Саммита по окружающей среде 1992 г. в Рио-де-Жанейро распространилось определение «устойчивого развития» в виде трёхчастной модели. Она была разработана комиссией ООН «Наше общее будущее» под руководством Гру Харлем Брундтланд ещё в 1987 г. Главный тезис - это обеспечение *экономических* преобразований и возможность выведения людей из нищеты, продвижение *социальной* справедливости и защита *окружающей среды*. При этом «удовлетворение потребностей настоящего времени не подрывает способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [5]. Но полноценное развитие эта модель получила только после того, как во время Саммита в Йоханнесбурге в 2002 г. Франция предложила добавить к этому списку *культуру*, которая является четвёртым фундаментальным и существенным элементом экоустойчивого развития.

Для понимания смысла экоустойчивой архитектуры, необходимо рассмотреть сам термин экология. В слове «экология» - ключевая часть «эко» (от др.-греч. oikos) означает обиталище, жилище, дом, имущество, домашнее хозяйство. В настоящее время, под воздействием всё более ощутимого влияния человека на окружающую среду, произошло смещение смысла слова «экология». Под экологическими вопросами теперь понимаются, прежде всего, вопросы охраны природного окружения. Область исключительно биологических знаний экологии распространилась на другие естественные и гуманитарные науки. Современное понимание экологии: наука, изучающая взаимоотношения живой и неживой природы.

Существенный вклад в теоретические основы современной экологии внёс Б. Коммонер, сформулировавший основные четыре закона экологии [6]:

- 1) *Всё связано со всем* - в законе отражён экологический принцип холизма (целостности).
- 2) *Ничто не исчезает в никуда* - закон говорит о необходимости замкнутого круговорота веществ и обеспечения стабильного существования биосферы.
- 3) *Природа знает лучше* - закон призывает сблизиться с природой и крайне осторожно обращаться с природными системами.
- 4) *Ничто не даётся даром* - закон говорит о том, что каждое новое достижение неизбежно сопровождается утратой чего-то прежнего.

Первый закон может считаться основой экологической философии. Целостный взгляд на мир и понимание взаимоотношений с природным окружением, социумом и культурой - вот взгляд «глубокой экологии». Американский философ Фритьоф Капра отмечает, что существуют два важнейших аспекта любой живой системы - индивидуалистическая и интегративная, отражающих системы мышления и смыслов. Здоровая система характеризуется динамическим равновесием. В больной системе происходит нарушение равновесия - переоценка одного аспекта и пренебрежение другим. В современном западном мире наблюдается переоценка индивидуалистического и недооценка интегрированного мышления и системы ценностей. В нарождающемся холистическом мышлении наблюдается сдвиг от индивидуалистической к интегративной модели. Сравнение этих противоположные тенденции приведено ниже [7].

ИНДИВИДУАЛИСТИЧЕСКАЯ		ИНТЕГРАТИВНАЯ
	<i>МЫШЛЕНИЕ</i>	
рациональное аналитическое редукционистское линейное		интуитивное синтетическое холистическое нелинейное
	<i>СМЫСЛЫ</i>	
экспансия конкуренция количество господство		консервация кооперация качество партнерство

Рациональным типом организации является не иерархия, а сеть, которая также является центральной метафорой экологии. Таким образом, холистический подход предполагает и сдвиг в социальной организации — от иерархий к сетям.

2.2 Логика экоустойчивой архитектуры

В каждом сущностном понимании науки или искусства нужно выявить то необходимое, от чего зависит наука или искусство, что они не могут обойти. Это необходимое нужно увидеть и в экоустойчивой архитектуре.

С одной стороны, архитектура - это искусство и наука создания пространственной среды для жизни человека и его деятельности, с другой стороны, архитектура всегда определена той средой, в которой она существует. Невозможно проектировать что-либо без учёта места, окружения, контекста, без всего того, что мы называем средой жизнедеятельности, которая есть совокупность природных условий, созданного социально-культурного пространства, патогенных факторов места, социально-бытовых условий, инфраструктуры и общности людей. Понимание среды тем или иным образом даёт различные решения со стороны архитектуры. Среда является определяющим и не-обходимым фактором. От неё зависят эстетические свойства объекта, его технические качества и функциональное назначение. Среда является сущностной необходимостью для архитектуры.

Конкретная среда определяет соответствующую архитектуру. Экоустойчивая архитектура также определена средой, которая ставит во главу угла различные аспекты устойчивого развития. Профессора С. Гай и Г. Фармер из университета Ньюкасла выделяют в экоустойчивой архитектуре несколько различных направлений, каждое из которых берёт начало в своей среде и определяется своей логикой, а именно: «эко-технической, эко-центрической, эко-эстетической, эко-культурной, эко-медицинской и эко-социальной логикой» [8]. Логика является здесь собирающей причиной (*causa efficiens*), которая заставляет проявляться и вступать во взаимосвязь три другие причины (*causa finalis, causa formalis, causa materialis*) и ведёт к созданию архитектурного произведения. Каждая из них опирается на своё понимание среды, которая является сущностной *не-обходимостью* для раскрытия каждой из логик экоустойчивой архитектуры (см. таблицу 1).

2.2.1 Эко-техническая логика

Эко-техническая логика отталкивается от глобального понимания среды, где превалирует макро взгляд, который ставит концепцию устойчивого развития в глобальный пространственно-временной контекст. Эта логика пытается дать ответы на вопросы, которые возникают в связи с глобальным изменением климата, уменьшением озонового слоя и всеобщим загрязнением природы. Акцентируется будущее, подчеркивается этическая ответственность перед потомками за стабильность и богатство ресурсов на Земле.

Предполагается интеграция концепции глобальной защиты природы в стратегию проектирования обычного дома и создание компактного города с высокой плотностью.

Данная логика основана на научно-техническом подходе. Сохраняется уверенность в возможности преодолеть экологический кризис не сходя с пути модернизации индустрии. Успех измеряется количественно - в снижении потребления энергии и ресурсов, уменьшении загрязнения и выбросов CO₂, в анализе стоимости жизненного цикла.

Эффективность охраны природы подтверждается применением широкого спектра инновационных материалов, «умных» инженерных систем и использования возобновляемых источников энергии.

Стратегия проектирования предпочитает здания в современном стиле, как правило, высокотехнологичные. Эту тенденцию наилучшим способом воплощает направление Hi-Tech, возглавляемое такими британскими архитекторами, как Норман Фостер, Ричард Роджерс, Николас Гримшоу, Михаэль Хопкинс, итальянским архитектором Ренцо Пиано, германским архитектором Томасом Герцогом, а также Кеном Янгом из Малайзии, проектирующим биоклиматические небоскребы. Например, такие известные проекты, выполненные Норманом

Фостером, как энергоэффективное здание банка во Франкфурте на Майне и купол Рейхстага в Берлине, который является частью энергосистемы здания.

Таблица 1 - Логика экоустойчивой архитектуры

ЛОГИКА	НЕОБХОДИМОЕ	ЗАДАЧИ	ТЕОРИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО	ТЕХНОЛОГИЯ, МАТЕРИАЛЫ	ЗДАНИЯ
Эко-техническая	Глобальная мировая среда	Интеграция концепций глобальной окружающей среды в стратегию проектирования обычного дома. Образ компактного города с высокой плотностью	Технический рационализм, наука	Интегрированные, энергоэффективные, High-Tech, «умные»	Коммерческое, современное
Эко-центрическая	Хрупкая природная среда	Гармония с природой за счёт децентрализованных автономных зданий с минимальным воздействием на природу. Гарантированность стабильности, интегрированности и «процветания» местного и глобального биоразнообразия	Онтологический холизм, системная экология	Автономные, возобновляемые, перерабатываемые	Загрязненное, паразитическое, потребляющее здание
Эко-эстетическая	Метафорическая образная среда	Универсальная реконструкция зданий в свете нового экологического знания и трансформации нашего сознания о природе	Теория эстетики, постмодерн	Прагматичные, новые, нелинейные, органические	Образ архитектуры New Age
Эко-культурная	Контекстная культурная среда	Учащееся «как быть» здание посредством адаптации к местным и био-региональным климатическим и культурным характеристикам	Феноменология, экология культуры	Местные, Low-Tech, обычные, традиционные	Аутентичное, гармоничное, типологическое здание
Эко-медицинская	Болезнетворная, патогенная среда	Природное и осязаемое окружение в интерьере, которое обеспечивает здоровье, хорошее самочувствие и качество жизни для каждого	Медицинская и клиническая экология	Пассивные, не отравляющие, природные, осязаемые	Здоровое, поддерживающее здоровье здание
Эко-социальная	Социальная, иерархическая среда	Возрождение каждого и сообщества в социально-вовлеченной манере посредством децентрализованных, «органичных», неиерархичных и со взаимным участием сообществ	Социология, социальная экология	Гибкие, с участием пользователей, с возможностью местного управления	Демократичный индивидуальный дом

2.2.2 Эко-центрическая логика

Среда представляется хрупкой природой, в которой естественный баланс можно легко нарушить. Этот подход требует немедленной, предупреждающей защиты экосистем и природного капитала, переосмысление способа производства строительных материалов и стратегии проектирования зданий. Главный вопрос логики эко-центризма: «Стоит ли вообще

что-либо строить?» Там, где уже есть строения, ставится задача уменьшения «экологического следа».

Целью является гармонизация с природой за счёт децентрализованных автономных зданий с минимальным воздействием на неё. Подход гарантирует стабильность, интегрированность с природой и «процветание» местного и глобального биоразнообразия. Роль экоустойчивой архитектуры не сводится к улучшению мероприятий по защите природы, так как этот подход «... принадлежит к инструментальной парадигме, которая сама создаёт проблемы природе» [9]. Требуется не разработка новых технологий, а осмысление того, какими должны быть эти технологии. Предпочтение отдаётся технологиям малого масштаба, потребляющим небольшое количество энергии, не зависящим от централизованной инфраструктуры поставок энергии, воды и утилизации мусора - как в автономных домах. Материалы предпочитают возобновляемые, природные - такие как глина или земля, дерево или солома в сочетании с материалами повторного применения. Подход к экоустойчивому проектированию построен по аналогии с функционированием экосистемы - на эффективном, живом, замкнутом, цикличном процессе в противоположность линейной, неэффективной, разомкнутой системе обычного здания. Известны дома, построенные из использованных автомобильных покрышек, бутылок, и других отходов.

2.2.3 Эко-эстетическая логика

Среда метафорическая. Архитектура призвана образно выражать социальные ценности, работать для создания вдохновения и передачи чувства единения с миром природы. От архитектуры требуется создание «нового языка в строительных искусствах» [10].

Целью является универсально спроектированное здание в свете нового экологического знания и трансформации сознания о природе.

Неклассическая наука, как фактор, определяющий современную культуру, становится новым взглядом на мир. Логика эко-эстетизма акцентирует внимание на индивидуальной креативности и совмещает свободное воображение с романтическим взглядом на природу, отвергая в то же время западный рационализм, модернизм и материализм. Для решения экологического кризиса, в понимании этой логики, требуется переход от утилитарных ценностей к духовным, где эстетика и чувственное восприятие играют доминирующую роль. «Только, если человек сначала научится смотреть на мир с чувством, он сможет научиться заботиться о нём» [11].

Новый язык архитектуры стал возможным за счёт новых технологий - преимуществ структурной инженерии, возможности строить искривленные формы с помощью компьютерного моделирования, новых материалов, которые дают возможность создавать объёмы и формы за рамками представлений об обычном пространстве.

В этой логике экологическое формообразование продолжает традицию сенсуализма. Новая архитектура создаёт новые формы, отражающие «послание» природы. Движение к биоорганическим формам, экспрессионизму, хаосу и нелинейности вырастают из нового взгляда на мир. Язык архитектуры и дизайна становится внешне похожим на природный, он состоит из изгибов, складок и волн, из форм кристаллов и сломанных плоскостей. Известны работы этого направления архитекторов Франка Гери (например, Музей современного искусства в Бильбао), Сантьяго Калатрава, а также Арата Исодзаки (например, здание Культурного центра в Дохе) и др.

2.2.4 Эко-культурная логика

Среда воспринимается как контекст. Главной задачей является сохранение аутентичности. Внимание к конкретному месту противопоставляется абстрактному модернистскому ме-

сту и является реакцией на глобализм интернационального стиля. Сопротивление феномену универсализации, превалирующему в современной культуре, считается этически оправданным.

Целью является здание, которое учится «как быть» посредством адаптации к местным и био-региональным физическим и культурным характеристикам. В этой логике стоит задача не разработки новой универсальной культуры, но скорее сохранения разнообразия существующих культур.

Логика эко-культуры акцентирует внимание как на охране и консервации того многообразия культурных архетипов, которое уже существуют, так и на культурной преемственности, выражающейся в адаптации традиции, и аутентичном использовании традиционных строительных технологий, типов зданий, паттернов поселений, каждый из которых хранит местную историю становления и развития.

Стратегия пространственного развития отталкивается от традиционной, местной формы зданий, которые рассматриваются как вехи развития в естественном русле местной культуры, которая адаптирует свой образ жизни к конкретному природному окружению. Способ сохранения аутентичных культур, как фактор экоустойчивого подхода, понимается по-разному: это и способность постоянно создавать живые формы местной культуры, согласно мнению британского архитектора Кенета Фрамптона [12], и желание законсервировать богатство и разнообразие различных форм жизни местных культур, - как аргументирует норвежский философ Арне Наесс [13]. В биорегиональном подходе можно отметить таких архитекторов как Гленн Мюркэтт из Австралии, Хасан Фатхи из Египта (например, Рынок в Египте), Чарльз Корреа из Индии, Геоффри Бава из Шри-Ланки, Ван Шу из Китая (например, Музей истории).

2.2.5 Эко-медицинская логика

Логика *эко-медицины* сводит тему разговора об экоустойчивой архитектуре к вопросам устойчивого здоровья человека. Здоровье человека зависит от одного важного условия - здоровой среды.

Целью является создание природного окружения в зданиях, которое обеспечивает здоровье, хорошее самочувствие и качество жизни для каждого.

Эко-медицинская логика предполагает, что технологии, применяемые в зданиях, опасны для здоровья и считает, что уменьшение технологической оснащённости здания не ведёт к снижению хорошего самочувствия, а, наоборот, к его увеличению.

По отношению к зданиям логика эко-медицины сосредотачивается на критическом рассмотрении интерьеров зданий, где концепция «больного здания» стала общим местом. Нашему здоровью буквально угрожают технологии, которые были созданы для того, чтобы защищать его. Развитие концепции естественной среды переходит также на строительные материалы. Логика эко-медицины основана на дисциплинах клинической и медицинской экологии, где химическое загрязнение среды рассматривается как ключевая проблема.

В результате появились новые принципы проектирования, которые во главу угла ставят здоровье человека и его хорошее самочувствие, где «чувствуется динамика естественного климата, как более адекватной среды для человека» [14]. Эти идеалы воплощены в концепции строительной биологии (*Baubiologie*), где соединены вопросы здоровья и экологии, а целью является строительство зданий, которые отвечают физическим, биологическим и духовным потребностям человека. Материалы, инженерия, цвет и запах должны гармонично взаимодействовать с нами и окружающей средой, чтобы поддерживать здоровый, живой и естественный климат. Эту концепцию осуществили архитекторы Питер Шмид из Нидерландов, Флорид Стен из Дании, группа *Gaia* в Норвегии и др.

2.2.6 Эко-социальная логика

Эко-социальная логика опирается на концепцию социальной среды, фокусируется на политическом дискурсе, который предполагает, что корни экологического кризиса произрастают из социальных факторов. Эта логика поднимает вопрос о демократии, как ключе экологического сообщества: только в модели сообщества, созданного для службы общим потребностям и целям, где человек обретает настоящую свободу и способен к самореализации, возможно жить в гармонии с природой. «Экологический принцип единства в многообразии вырастает в богато опосредованный социальный принцип»[15]. Социальные экологи считают, что доминирование человека и деградация природы происходят из социальных паттернов доминирования и иерархии, паттернов социальной жизни, в которых одни люди осуществляют контроль и доминирование над другими. Разрушение окружающей среды понимается как форма доминирования человека, и чем более иерархичная и подавляющая природа общества, тем больше вероятности злоупотреблений и насилия над окружающей средой.

Целью является создание здоровых, самодостаточных сообществ, осуществляющих локальное самоуправление, ответственных за природное окружение, управляющих местной экономикой, основанной на минимальном потреблении и максимальном использовании человеческих ресурсов.

Стратегическим подходом развития является естественное формирование общества, связанного с местной природой, внутри которого создаются общины; где, благодаря связи с природой, можно быть более уверенным насчёт характера влияния, которое общество оказывает на природное окружение. Стратегия развития, проистекающая из этой логики, более социальная, чем техническая или эстетическая, она фокусирует внимание на политическом вопросе демократической прозрачности применяемых технологий и проводимой экспертизы.

Ставится задача создание социально-ориентированных поселений. Здание проектируется прозрачно, с участием пользователей, адаптируется к местным природным условиям и поэтому служит жителям, не нанося вреда природному окружению. Такой подход применяли архитекторы Люсьен Кролл из Бельгии, Ральф Эрскин в Великобритании, Питер Хюбнер в Германии.

Заключение

Целостность мира можно понять по-разному. Хайдеггер видит его в существе техники. Сущностный, онтологический метод раскрывает мысль как *необходимость*, которая лежит в основе осознания современной действительности в виде предметного противостояния.

Среда в своём предметном противостоянии есть только один из способов, каким она обнаруживает себя, предоставляя себя для архитектурного рассмотрения, которое никогда не может охватить всю её сущностную полноту. Среда остаётся для архитектуры *необходимым*, потому что теория зависит от присутствующего, не может обойти его и не может выявить всю сущностную полноту среды. Таким образом, *необходимое* правит в предметном противостоянии среды, которой, в качестве её «опредмечивания», соответствует архитектура.

Различно осмысленная среда создаёт различные логики экоустойчивой архитектуры: эко-техническую, эко-центрическую, эко-культурную, эко-эстетическую, эко-медицинскую, эко-социальную. Каждая из эко-логик видит по-своему решение задач, декларируемых в концепции устойчивого развития, формирует свой образ экоустойчивой архитектуры, отдаёт предпочтение соответствующим материалам и технологиям.

Мир не был бы миром, если бы не представлял некоего единства, в котором все события связаны в пространстве и времени. Целое скрепляет собой всё происходящее. Поэтому эко-логики архитектуры - это не разные области экоустойчивой архитектуры, находящиеся ря-

дом друг с другом, но всегда - экоустойчивая архитектура в целом, как таковая, взятая как совокупность технических, медицинских, биологических, социальных, культурных, эстетических или каких-то иных связей и отношений. Только в этом случае можно говорить об исследовании этих связей и отношений, о синтезе логик. На рисунке 1 показано биоклиматическое автономное здание «Ковчег» по проекту российского архитектурного бюро «Ремистудио», а на рисунке 2 показан экоустойчивый поселок Агой-парк.



Рисунок 1 – Автономный отель «Ковчег» (проект архитектурного бюро «Ремистудио») [16]



Рисунок 2 – Экоустойчивый поселок Агой-парк (проект архитектора А.Н. Ремизова) [16]

В проекте «Ковчег» были реализованы логики эко-техническая, эко-центрическая, эко-эстетическая, эко-медицинская и эко-социальная. Здесь высокие технологии сохранения энергии в сезонном аккумуляторе, высоко-технологичные методы строительства из заранее изготовленных элементов сочетаются с обилием зелёных насаждений внутри здания. Эти растения не только вырабатывают кислород и создают природную среду в помещении, но и оздоравливают воздух фитонцидами. Форма здания также является метафорическим выражением нового экологического сознания. Способ организации жизни людей предполагает образование сообщества со своими идеалами жизни.

В экоустойчивом поселке «Агой-парк» можно увидеть логики эко-культурную, эко-центрическую, эко-медицинскую и эко-социальную. Здесь выбран традиционный для северного Кавказа тип жилища – сакля. Это встроенный в рельеф дом с озеленённой кровлей. Такое устройство дома ведёт к экономии материалов при строительстве и энергии при эксплуатации. Солнце пассивным способом нагревает помещения домов, углублённость в рельеф предохраняет от переохлаждения в зимнее время, а морской бриз естественным образом вентилирует дома. Одной из главных задач было создание пешеходной среды для жителей. Автотранспорт в этом поселке остаётся на подземных парковках при въезде. Улицы с односторонним движением становятся пешеходными, превращаются в бульвары и парковое пространство. В поселке нет заборов, весь участок, на котором растёт лес, доступен всем. Такое возможно при создании соседского сообщества людей, разделяющих общие интересы жизни в гармонии с природным окружением.

Экоустойчивая архитектура в дополнении к различным категориям архитектуры, включающим и движение [17], и кастомизацию [18], требует конструирующего мышления и постоянного диалога участников процесса проектирования, строительства и дальнейшего пользования. Учитываются потребности не только людей, культурного контекста, но и природного окружения. Глобальные вызовы, такие как изменение климата и загрязнение окружающей среды, находят решения в высоких технологиях. Архитектурные проекты, отвечающие логике экоустойчивого мышления, применяют холистический подход, который ведёт к синергии.

Список источников

- [1] *Ахутин, А.В.* Понятие «природа» в античности и в Новое время («фюсис» и «натура»). - М.: Наука, 1988. – 208 с.
- [2] *Хайдеггер, М.* Вопрос о технике. / В кн.: *Время и бытие: Статьи и выступления* / М. Хайдеггер. Серия Мыслители XX в. Пер. с немецкого В.В. Бибихина. - М.: Республика, 1993. - 447 с.
- [3] *Хайдеггер, М.* Наука и осмысление. / В кн.: *Время и бытие: Статьи и выступления* / М. Хайдеггер. Серия Мыслители XX в. Пер. с немецкого В.В. Бибихина. - М.: Республика, 1993. - 447 с.
- [4] *Никифоров А.Л.* Холизм // Новая философская энциклопедия / Института философии Академии наук; Председ. научн. изд. совета В.С. Степин - 2-е изд. и дополн. - М.: Мысль, 2010.
- [5] *World Commission on Environment and Development.* Our Common Future. NY Oxford University Press 1987. - 42 p.
- [6] *Commoner Barry.* The closing circle: nature, man, and technology. Knopf, 1971 – 326 p.
- [7] *Капра Фрутьоф.* Паутина жизни. - Киев. 2002. - 37 с.
- [8] *Gui S., Farmer G.* Reinterpreting sustainable Architecture./ Journal of Architectural Education. 2001. – 140 p.
- [9] *Braham. W.* Correalism and Equipoise: Observation on the Sustainable. /Architectural Research Quarterly. N 3, 1999. - 57 p.
- [10] *Wines. J.* The Architecture of Ecology. - London. 1991. - 23 p.
- [11] *Passmore. J.* Man's Responsibility of Nature. - NY. 1974. – 189 p.
- [12] *Frampton. K.* Modern Architecture: a Critical History. - London. 1985. - 317 p.
- [13] *Naess. A.* Deep Ecology and Ultimate Premises. The Ecologist N 4-5, 1988. – 128 p.
- [14] *Hawkes. D.* The Environmental Tradition. - London.1996. – 16 p.
- [15] *Bookchin. M.* The modern Crisis. - Ph. 1986. – 240 p.
- [16] Архитектурное бюро «Ремистудио» - <http://www.remistudio.ru/>

- [17] **Заяц, И.С.** Движение как категория архитектуры / И.С. Заяц // *Онтология проектирования*. – 2016. – Т.6, №1(19). – С. 95-105. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-95-105.
- [18] **Капустин, П.В.** Онтологические вопросы в кастомизированном архитектурном онлайн проектировании персонализированных жилых домов / П.В. Капустин, Д.М. Канин, И.Л. Чураков // *Онтология проектирования*. – 2016. – Т.5, №3(17). – С. 256-277. – DOI:10.18287/2223-9537-2015-5-3-256-277

LOGIC OF SUSTAINABLE ARCHITECTURE

A.N. Remizov

Russian Sustainable Architecture and Building Council, Moscow, Russia
re.mi@mail.ru

Abstract

The paper deals with the ontological essence of environmentally sustainable architecture, which is based on the UN concept of sustainable development and the holistic vision of the world. The author interprets the concept of «seamlessness», which Heidegger reveals through analysis of essence of technique in the works of the 50-ies of XX century, using an ontological approach, revealing the idea of necessity. These works of the philosopher are relevant in our time. The author introduces the concept of «environ», which is the essential necessity for sustainable architecture, its determining principle. Six different models of a particular environ are identified, which cause the respective tasks: the choice of a scientific or aesthetic approach in the design, materials and technologies, determine the image of buildings. These environs - namely, global world, natural environment, social, metaphorical, medical, cultural determine the appropriate design logic. Thus, the author offers a new ontological approach to the consideration of communications and relations of the sustainable architecture in the unity of its logics.

Key words: *ontology, holism, essence, logic, seamlessness, need, environ, ecology, sustainable architecture.*

Citation: *Remizov AN. Logic of sustainable architecture. Ontology of designing. 2016; 6(4): 541-554. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-541-554.*

References

- [1] **Akhutin AV.** The concept of «nature» in antiquity and in modern times [In Russian]. - M.: Nauka.- 1988, - 208 p.
- [2] **Heidegger M.** Die Frage nach der Technik [In German] // *Die Künste im technischen Zeitalter*. München, 1954, - 70—108 p.
- [3] **Heidegger M.** Science and comprehension /Time and Being [In Russian] - Moscow, Republican. 1993. - 239 p.
- [4] **Nikiforov AL.** Holism / New Encyclopedia of Philosophy // Institute of Philosophy Academy of Sciences; Ed. Stepin VS - 2nd ed. - Moscow: Thought. 2010.
- [5] **World Commission on Environment and Development.** Our Common Future. NY Oxford University Press 1987. - 42 p.
- [6] **Commoner Barry.** The closing circle: nature, man, and technology. Knopf, 1971 – 326 p.
- [7] **Fritjof Capra.** The Web of Life. A New Scientific Understanding of Living Systems. NY: Anchor Books, 1996
- [8] **Gui S., Farmer G.** Reinterpreting sustainable Architecture/ Journal of Architectural Education. 2001. – 140 p.
- [9] **Braham W.** Correalism and Equipoise: Observation on the Sustainable. /Architectural Research Quarterly. N 3, 1999. - 57 p.
- [10] **Wines J.** The Architecture of Ecology. - London. 1991. - 23 p.
- [11] **Passmore J.** Man's Responsibility of Nature. - NY. 1974. – 189 p.
- [12] **Frampton K.** Modern Architecture: a Critical History. - London. 1985. - 317 p.
- [13] **Naess A.** Deep Ecology and Ultimate Premises. *The Ecologist* N 4-5, 1988. – 128 p.
- [14] **Hawkes D.** The Environmental Tradition. - London.1996. – 16 p.
- [15] **Bookchin M.** The modern Crisis. - Ph. 1986. – 240 p.
- [16] "Remistudio" Architectural bureau - <http://www.remistudio.ru/>
- [17] **Zayats IS.** Movement as a category of architecture. *Ontology of designing*. 2016; 6(1): 95-105. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-95-105.
- [18] **Kapustin PV, Kanin DM, Churakov IL.** The ontological questions of personalize homes customized architectural online designing. *Ontology of designing*. 2015; 5(3): 256-277. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-3-256-277.

Сведения об авторе



Ремизов Александр Николаевич, 1960 г. рождения. Окончил Московский архитектурный институт (государственную академию) МАРХИ (1983). Архитектор, руководитель архитектурного бюро Remistudio, вошедшее в топ 50 «зелёных» архитектурных бюро в мире. Автор более сорока архитектурных и градостроительных проектов, имеет более тридцати публикаций на тему экоустойчивой архитектуры. Лауреат международных и российских архитектурных конкурсов. Председатель Совета по экоустойчивой архитектуре Союза архитекторов России. Председатель правления НП «Совет по «зелёному» строительству». Член Международного Союза архитекторов.

Remizov Alexander Nikolayevich (b. 1960) graduated from the Moscow Architectural Institute (state academy) MARHI in 1983. He is an architect, head of Remistudio architectural bureau,

included in the top 50 «green» architectural bureau in the world. Author of more than forty architectural and urban projects, has more than thirty publications on sustainable architecture. The winner of Russian and international architectural competitions. Board Chairman of Sustainable Architecture Council of the Russian Union of Architects. Board Chairman of non-profit organization Russian Sustainable Architecture and Building Council. Member of the International Union of Architects.



OSTIS-2017

**VII международная научно-техническая конференция
«Открытые семантические технологии
проектирования интеллектуальных систем»
Open Semantic Technologies for Intelligent Systems**

16 – 18 февраля 2017 г. Минск. Республика Беларусь

Язык статей сборника конференции: *английский*.

Рабочие языки конференции: *русский, белорусский, английский*.

ОРГАНИЗАТОРЫ

- Российская ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ)
- Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР)
- Государственное учреждение «Администрация Парка высоких технологий» (Республика Беларусь)
- Министерство образования Республики Беларусь
- Министерство связи и информатизации Республики Беларусь

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- *Принципы, лежащие в основе семантического представления знаний, и их унификация.*
- *Языки программирования, ориентированные на параллельную обработку семантического представления баз знаний*
- *Модели решения задач, в основе которых лежит обработка знаний, осуществляемая непосредственно на уровне семантического представления обрабатываемых знаний.*
- *Семантические модели мультимодальных пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем*
- *Семантические модели естественно-языковых пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем.*
- *Средства и методы, основанные на семантическом представлении знаний и ориентированные на проектирование различных типовых компонентов интеллектуальных систем (баз знаний, программ, решателей задач, интерфейсов)*
- *Прикладные интеллектуальные системы, основанные на семантическом представлении используемых ими знаний*

КОНТАКТНЫЕ ДАННЫЕ ОРГАНИЗАТОРОВ КОНФЕРЕНЦИИ OSTIS

Официальный сайт конференции: <http://conf.ostis.net>. E-mail: ostisconf@gmail.com.

**VI-ая научная конференция с международным участием
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ и СИСТЕМЫ»,
Санаторий “Юбилейный”, Республика Башкортостан, Россия
с 1 по 5 марта 2017 г.**

ОРГАНИЗАТОРЫ

- Челябинский государственный университет
- Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" ИСА РАН
- Уфимский государственный авиационный технический университет
- Уральский Федеральный университет

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- *Интеллектуальные методы анализа*
- *Методы машинного обучения*
- *Анализ текстов и социальных сетей*
- *Обработка текстов на естественных языках*
- *Моделирование и анализ бизнес-процессов*
- *Интеллектуальные методы защиты информации*
- *Информационная безопасность*
- *Методы распознавание аудио-, видео- и графических образов*
- *Мультиагентные системы управления*
- *Методы и информационные технологии поддержки принятия решений*



КОНТАКТЫ ОРГКОМИТЕТА

г. Челябинск, 454000, ул. Братьев Кашириных, 129, Челябинский государственный университет, корпус 1, ауд. 331, Институт Информационных Технологий, Телефон/факс: (351) 7997288, E-mail: itis@iit.csu.ru

К 90-летию Учителя,

доктора технических наук, профессора
МАСЛОВА Валентин Григорьевич (1926-2006)



Валентин Григорьевич Маслов родился 23 декабря 1926 года в г. Куйбышеве. В 1943 году поступил, а в 1949 окончил с отличием Куйбышевский авиационный институт (КуАИ) и был направлен на работу в ОКБ Куйбышевского моторного завода в термодинамический отдел, который возглавлял немецкий инженер доктор Шульце. В то время основным контингентом ОКБ были немецкие специалисты с моторного отделения фирмы Юнкерс. Работая начальником бригады термодинамических расчетов, Маслов В.Г. непосредственно принимал участие в доводке двигателей НК-4, НК-6 и НК-8, ряда других проектов.

В 1960 году Маслов В.Г. перешёл на работу в КуАИ доцентом кафедры теории двигателей, одновременно продолжая сотрудничать с ОКБ моторного завода по разработке двигателя НК-8. В 1966 году на основе проведённых теоретических и экспериментальных исследований по смесителю НК-8 он защитил кандидатскую диссертацию.

К концу 70-х годов В.Г. Масловым была разработана теория выбора рациональных проектных решений для параметров рабочего процесса авиационных газотурбинных двигателей, рассматривающая двигатель как элемент системы «самолёт» с позиций многокритериальной оценки эффективности и с учётом влияния обычной при проектировании неопределённости исходных данных. Результаты этих исследований легли в основу докторской диссертации (1979 год) и вышедшей в 1981 году в издательстве «Машиностроение» монографии «Теория выбора оптимальных параметров при проектировании авиационных ГТД» (приведённые рисунки, иллюстрирующие разработанный метод выбора параметров, взяты из монографии Маслова В.Г.).



В проводимых исследованиях В.Г. Маслов активно использовал вычислительную технику, а в конце 70-х годов организовал отдел САПР-Д, работниками которого стали выпускники КуАИ. Отдел САПР-Д выполнял работы в интересах учебного процесса и авиационной промышленности. Результатом многолетней работы отдела стала гибкая САПР малоразмерных ГТД (САПР-МГТД), созданная по заданию и совместно с ЦИАМ. Элементы этой системы были внедрены в Омском конструкторском бюро моторостроения, Рыбинском конструкторском бюро машиностроения, Николаевском кораблестроительном предприятии. Промышленная версия САПР-МГТД была доработана и использовалась в учебном процессе.

Под руководством Маслова В.Г. были подготовлены восемь кандидатских (Кузьмичёв В.С. – 1980 г., Григорьев В.А. – 1980 г., Боргест Н.М. – 1985 г., Ломакин В.Б. – 1989 г., Иванов А.Б. – 1990 г., Коварцев А.Н. – 1988 г., Сивцов Ю.М. – 1992 г., Морозов М.А. – 1992 г.) и три докторских диссертаций (Григорьев В.А. – 1998 г., Коварцев А.Н. – 1999 г., Кузьмичёв В.С. – 2000 г.).

Именно теоретические работы Маслова В.Г. в области критериального анализа и математического моделирования проектируемых систем, поиска общих и частных критериев оптимизации, учёта проектной неопределённости, разработки метода отыскания гарантируемой области компромиссов, определения наилучших решений внутри области компромиссов, оценка устойчивости про-

предопределило развитие научного направления **онтологии проектирования** в стенах Самарского университета и, как следствие, создание научного журнала «Онтология проектирования».

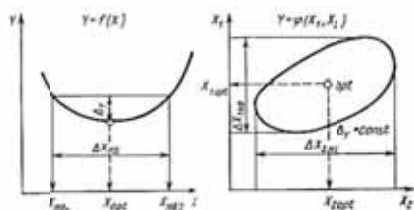


Рис. 33. Граничные области оптимальных параметров рабочего процесса ГТД (X_1, X_2, \dots) при $T^* = \text{const}$ и $\Delta y = \text{const}$

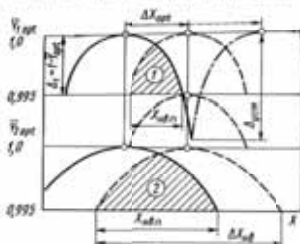


Рис. 41. Критерии, характеризующие устойчивость области оптимальных параметров авиационного ГТД



Рис. 44. Определение гарантируемой области компромиссов в условиях неопределённости исходных данных ГТД и ЛА

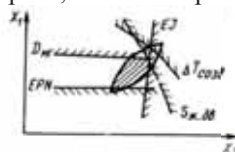


Рис. 45. Определение зоны области компромиссов свободной от соседних ограничений