



УДК 519.7+681.51

Т. Л. Качанова, Б. Ф. Фомин, О. Б. Фомин
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аналитическое ядро физики открытых систем

Физика открытых систем предложила свои подходы и методы познания открытых систем в их естественных масштабах и реальной сложности. На этой основе идет становление новой киберфизической парадигмы системологии. Центральное место в ней занимает аналитическое ядро – комплекс информационных и когнитивных технологий, автоматически генерирующих научно-достоверное знание об онтологии систем из больших многомерных массивов гетерогенных эмпирических данных.

Дан краткий обзор состава, структуры и возможностей аналитического ядра. Основное внимание уделено технологическому компоненту аналитического ядра – технологиям генерации, научного понимания и рационального объяснения знания, а также его квалитметрическому компоненту – технологии анализа ценности (правильности, полноты и завершенности) полученного знания. Особый акцент сделан на роли и месте технологий аналитического ядра в архитектуре технологической платформы производства и эксплуатации знания об открытых системах.

Открытые системы, большие данные, физика открытых систем, онтологическое знание, извлечение знания из эмпирических данных, ценность онтологического знания, многомерная знание-центрическая аналитика

Физика открытых систем (ФОС) исследует открытые природные, общественные, антропогенные системы в их естественных масштабах и реальной сложности. ФОС извлекает из больших массивов слабоструктурированных полимодальных гетерогенных эмпирических данных научно достоверное онтологическое знание об открытых системах. Язык систем, созданный ФОС, обеспечивает глубокое научное понимание и рациональное объяснение раскрытой онтологии систем, анализирует ценность (правильность, полноту, завершенность) полученного знания. Краткий обзор идей, подходов, методов и решений ФОС, положивших начало новой киберфизической парадигме системологии, опубликован в [1], [2]. Предлагаем читателю обзор ключевых решений ФОС, воплощенных в когнитивных и информационных технологиях ее аналитического ядра.

Аналитическое ядро ФОС: возможности, состав и структура. Аналитическое ядро ФОС (АЯ ФОС) представляет собой «интеллектуальную машину», способную [1], [3], [4]:

– автоматически, без обращения к экспертному знанию, субъективным оценкам, упрощениям и интерпретациям, извлекать научно-достоверное знание об онтологии открытых систем из больших многомерных массивов полимодальных гетерогенных эмпирических данных;

– автоматически обеспечивать научное понимание и рациональное объяснение полученного онтологического знания;

– автоматически исследовать ценность (правильность, полноту, завершенность) раскрытого и научно понятого онтологического знания;

– автоматически генерировать информационный, интеллектуальный, когнитивный и технологический ресурсы знания об онтологии открытых систем.

АЯ ФОС состоит из трех компонентов (рис. 1):

– интегративного (организует взаимодействие элементов АЯ ФОС);

– технологического;

– квалитметрического.

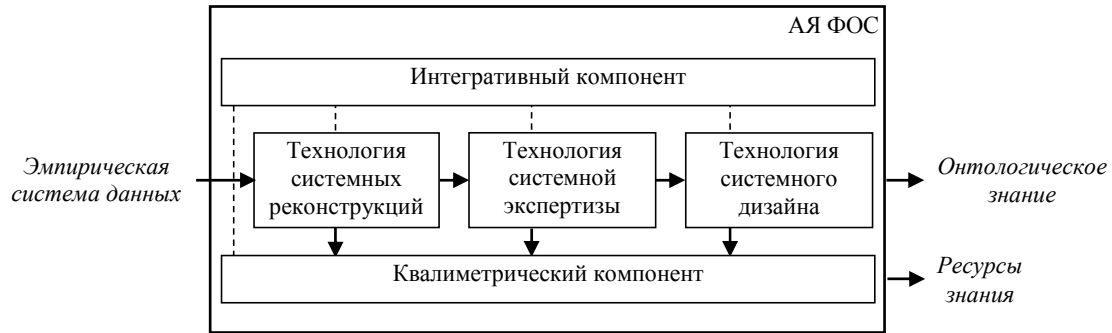


Рис. 1

Идеи, подходы и научные методы ФОС получили свое полное воплощение в технологиях технологического и квалиметрического компонентов. Технологии *технологического компонента* производят онтологическое знание, признаками которого являются: истинность, определенность, конкретность, доказуемость, правильность, теоретическая и эмпирическая обоснованность, применимость. Технологии *квалиметрического компонента* формируют аксиологическое знание, признаками которого являются ценностные категории (правильность, полнота, завершенность). Технологии АЯ ФОС универсальны, применяются в различных областях знания для масштабного глубокого исследования природных, общественных, антропогенных и сложных технических систем.

Эмпирические системы данных (ЭСД) на входе АЯ ФОС представляют собой *всеобъемлющие эмпирические контексты* конкретных открытых систем и сопряженных с ними конкретных системных проблем. Для каждой открытой системы формируется свой массив данных, отвечающий требованиям ФОС. Его подготовка включает сбор эмпирических данных, интеграцию и систематизацию собранных данных, формирование больших массивов данных, охватывающих все основные аспекты «жизнедеятельности» систем в условиях изменяющейся среды. ФОС не считает решение этих задач своими проблемами. Их решение обеспечивают технологии Big Data, обладающие необходимой функциональностью (например, Hadoop, InfoSphere, SAS Data Integration).

В сфере интересов ФОС лежат задачи формирования эмпирических контекстов открытых систем:

- разработка видения систем и системных проблем, их вербализация, обособление, оценивание масштаба и сложности;
- определение объема и характера эмпирических данных, уместных, по мнению экспертов

предметной области, при производстве знания о системе и системных проблемах;

- выявление возможностей, источников, условий, правил, способов и технологий поставки данных для формирования эмпирических контекстов высокого качества.

Онтологическое знание и ресурсы знания на выходе АЯ ФОС являются рабочими продуктами технологического и квалиметрического компонентов. На их основе создаются научные методы и компьютерные технологии многомерной знаниецентрической системной аналитики ФОС.

Технологии познания, научного понимания, рационального объяснения онтологии открытых систем. *Технология системных реконструкций* (ТСР) производит на основе исходного эмпирического контекста системы ее представление в собственных качествах и строит полное множество моделей внутрисистемных взаимодействий [5], [6]. *Технология системной экспертизы* (ТСЭ) преобразует представление системы в собственных качествах в представление системы в эталонных состояниях ее собственных качеств [7], [8]. *Технология системного дизайна* (ТСД) синтезирует адекватные модели актуальных состояний системы, получает представление системы в актуальных состояниях, исследует эмерджентные свойства системы, генерирует, оформляет, конфигурирует и предоставляет онтологическое знание о системе для дальнейшего использования [7], [8]. Устройство каждой из этих технологий раскрывается по единой схеме, начиная от модели технологии и завершая шаблонами автоматически генерируемых нормативных документированных отчетов о полученном онтологическом знании:

- *модель технологии* – задает схему когнитивного процесса (*процесса познания онтологии* (для ТСР), *процесса понимания онтологии* (для ТСЭ), *процесса объяснения онтологии* (для ТСД))

в его главных понятиях, структурированных по категориям представления системы, развернутых по этапам процесса;

– *двойной* путь когнитивного процесса (*процесса познания* (для ТСР), *процесса понимания* (для ТСЭ), *процесса объяснения* (для ТСД)) – включает 2 этапа (*восхождение* от факта к смыслу и *нисхождение* от смысла к факту). Каждый этап особым образом выражает взаимную обусловленность двух миров системы – мира факта и мира смысла;

– *ключевые объекты технологии* – представляют (соответственно для ТСР, для ТСЭ, для ТСД) главные понятия модели технологии в конструктивных вычислимых формах;

– *метод технологии* – задает (для ТСР, для ТСЭ, для ТСД соответственно) вычислительные процедуры автоматической генерации объектов технологии и их атрибутов, базирующиеся на собственном научном аппарате ФОС и дополнительно привлекаемых методах теории измерений, математической статистики, теории графов, теории множеств, математической логики, теории оценивания, квалитметрии, компьютерной визуализации;

– *шкалы измерения* – представляют значения атрибутов объектов технологии: шкала значений и шкала группировок – для измерения свойств системы в ТСР; шкала уровней и шкала числовых форм уровня – для измерения оценок качеств понятий в ТСЭ; полная шкала числовых форм уровня, шкала веса, шкала меры близости к эталону, шкала преобладания уровня, шкала предопределенности уровня, шкала важности и подвижности уровня – для измерения состояний системы в ТСД);

– *шаблоны нормативных документированных отчетов технологии* – задают структуру, содержание разделов, форматы представления знания. В случае ТСР нормативные отчеты представляют *портреты системы, выражающие раскрытое онтологическое знание*: эмпирический портрет, статистический портрет, структурный портрет, системные портреты (типа и форм типа), реалистичный портрет. В случае ТСЭ нормативные отчеты представляют *научно понятое онтологическое знание*: качество знания, объем знания, каждый аспект знания. В случае ТСД нормативные отчеты представляют *оформленное онтологическое знание*: знание о системе в целом, знание об эталонах системы, знание о состояниях системы.

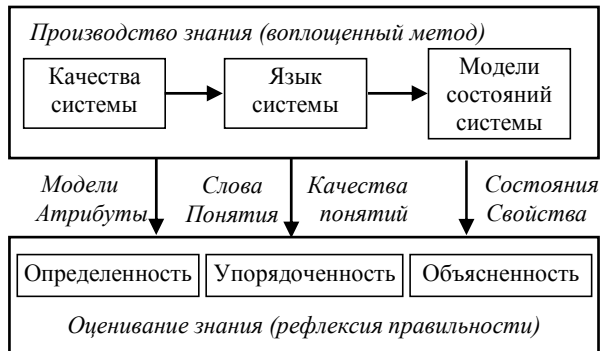
Технология анализа аксиологии онтологического знания. Квалитметрический компонент АЯ ФОС проводит многоаспектное исследование

ценности полученного онтологического знания и порождает аксиологическое знание о системе. В идеальной ситуации система исходно представлена полной представительной системой эмпирических данных. В этом случае технологии когнитивных процессов АЯ ФОС гарантируют производство научно-достоверного (формально правильного), полного, завершенного онтологического знания о системе. В реальных случаях технологии АЯ ФОС производят правильное, но неполное и незавершенное знание. Ценностно-оценочные аспекты аксиологического анализа онтологии системы, раскрытой когнитивными процессами, исследуются во всех таких случаях в полном объеме. Формальная правильность является важным моментом онтологического знания. Помимо правильности знание обладает ценностью. Эти 2 момента противостоят друг другу, дополняют один другой, причем ни один из них не может быть сведен к другому или замещен им. *Отношение правильности* устанавливается между представлением об объекте и самим объектом и выражается в абстрактных описаниях. Главное здесь – объект (неизменяемый элемент отношения правильности). Представление об объекте – изменяемый элемент отношения правильности. *Отношение ценности* устанавливается между объектом и утверждением о нем и задается в оценках. Главное здесь – оценочное утверждение об объекте. При отсутствии соответствия между элементами отношения изменению подлежит объект, а не оценка.

Аспектами ценности служат: *сущность ценности* (ценность элемента системного знания); *осуществленная ценность* (субъектно-объектное отношение между системным аналитиком и объектом). Сущность ценности отражает *потенциальную ценность*, осуществленная ценность – *актуальную ценность*. Квалитметрический компонент АЯ ФОС вычисляет оценки потенциальной ценности знания. Вопрос актуальной ценности связан с выбором ориентации при применении знания. Актуальная ценность соотносится с понятиями полезности, степени интенсивности, меры напряженности. Системный аналитик обращается к этим понятиям при сертификации оцененного знания.

Технологии, образующие технологический компонент ФОС, раскрывают онтологическое знание о системе через объекты («Модели», «Атрибуты», «Слова», «Понятия», «Качества поня-

тий», «Состояния», «Свойства»), принимающие конкретный вид для каждой исследуемой системы [8], [9]. Связь познавательного и ценностно-оценочного процессов характеризует рис. 2.



Элемент «*Определенность*» процесса оценивания знания формирует представление о ценности элементов системного знания, характеризующих систему в целом. Элемент «*Упорядоченность*» характеризует ценность знания о системе в целом и в частях целого. Элемент «*Объясненность*» выражает ценность любого элемента раскрытого, научно понятого и рационально объясненного знания онтологии открытой системы. Устройство каждого элемента ценностно-оценочного процесса описывается по единой схеме через 7 образующих: модель элемента; ценность знания; оценивание; идеалы (нормы, образцы); оценки; шкалы оценок; шаблоны нормативных отчетов.

Модель элемента раскрывает процесс порождения объектов каждой технологии в составе технологического компонента АЯ ФОС, оценивает эти объекты и, где возможно, улучшает оцениваемые объекты, повышая качество генерируемого знания.

Ценность является существенным свойством онтологического знания. Принципами градации ценности выступают: *ориентированность знания* (диспозиция «хорошо – плохо»); *интенсивность* (степень выраженности ценности элементов знания); *предпочтительность* (различение и упорядочение ценности); *включаемость* (согласованность данной ценности с другими ценностями). Ценность выражена в *оценочном высказывании*. Оно включает: объект оценки (элемент знания); характер оценки (абсолютная, сравнительная); основание оценки (аспект оценивания); субъект оценки. *Абсолютная оценка* применяется к одному оценочному объекту, она выражена в терминах «хорошо/плохо», использует понятие идеала. *Сравнительная оценка* применяется, по крайней

мере, к двум объектам или к двум состояниям одного и того же объекта, она выражена в терминах «лучше/хуже». Через сравнительную оценку вводится отношение предпочтения. Абсолютное и сравнительные оценочные понятия в общем случае не определены одно через другое.

Идеал есть точка отсчета в формировании абсолютных оценок. Он воспринимается как методологическая конструкция, конституирующая процесс оценивания, как смысловой инвариант для многообразных конкретных форм представлений системы, раскрывающий содержание ценности, задающий абсолютное или должное ее выражение. Идеал является формой рационального понимания, конструирования и преобразования способов представления системы. Рациональность и конструктивность идеала проявляются через понятия сущности, всеобщности, полноты, совершенства, целостности знания. Идеалы всегда безусловны, абсолютны и самодостаточны. Для рационального оформления смысла идеала вводится понятие «*Образец*». Если смыслы системы в онтологическом знании получили конкретное оформление, но при этом некоторые смысловые моменты ценностей не получили абсолютного безусловного выражения, то место идеала заменяет норма. *Норма* – понятие, близкое к идеалу, отличающееся своей конкретностью, привязанностью к формам представления системы. Нормы представляются правилами и воплощаются в образцах.

Оценивание ценности неразрывно связано с оценкой – средством осознания ценности. Оценка возникает из акта сравнения и рекомендаций к выбору того, что признается за ценность. В результате оценивания формируются суждения о полезности или вредности, правильности или неправильности, необходимости или ненужности того, что оценивается. Аксиологические оценки связывают теорию и практику ее применения. Акцент делается на практике.

Формализм научного метода обеспечивается схемами действия с элементами знания, благодаря которым достигается применимость метода с оцененным уровнем качества полученного знания. Оценка ценности осуществляется подведением элементов знания под образцы на некоторой шкале предпочтений, отделением значимых и существенных элементов знания от незначимых и несущественных. Оценки могут иметь качественную и количественную природу. Каждая оценка ценности передает степень интенсивности выра-

жения ценности на *соответствующей градуированной шкале*. При абсолютных оценках используются шкалы, на которых фиксировано положение идеала или нормы. При сравнительных оценках применяются порядковые шкалы. И те, и другие оценки характеризуют отношение объекта оценивания к идеалу (абсолютные оценки) или к началу порядка (сравнительные оценки). Для каждого основания оценки в ФОС построена особая шкала. Все оцениваемые по этому основанию объекты сопоставимы на этой шкале.

Знание о системе представляется в трех формах: *база данных и база знаний; панели отображения знания; нормативные документированные отчетные формы*.

Системное знание во всех формах его представления образует ресурсы знания: информационный ресурс; интеллектуальный ресурс; когнитивный ресурс; технологический ресурс.

Информационный ресурс – целокупность эмпирических данных о системе, оцениваемых по полноте и представительности с позиций предметной области методами технологии формирования контекста системы. Центральный объект информационного ресурса – показатель состояния системы. Технологии АЯ ФОС формируют системный контекст каждого показателя. В этот контекст входят атрибуты показателей и оценочные суждения о показателях. ТСР вносит в этот контекст знание о системных ролях показателей и их вкладах в устройство системных моделей, ТСЭ добавляет в ресурс оценки способности показателей проявлять, раскрывать, выражать и воспринимать системные смыслы, ТСД завершает создание системного контекста получением знания, объясняющего механизмы изменчивости показателей в состояниях системы.

Интеллектуальный ресурс – реконструктивные семейства системных моделей. Центральный объект интеллектуального ресурса – системная модель собственного качества системы, порождаемая ТСР (формирует контексты моделей собственных качеств системы, вычисляет их интегральные оценки). ТСЭ вносит в контексты моделей оценки, характеризующие способность системы выражать ее собственные качества. ТСД завершает построение ресурса оцениванием результатов синтеза смысла и факта.

Технологический ресурс – семейство моделей форм воплощения эталонов состояний собственных качеств системы и семейство моделей актуальных состояний системы, получаемых ТСД.

Данный ресурс представляет в завершенном виде системные контексты выходных объектов ФОС – качеств и состояний системы.

Квалиметрический компонент АЯ ФОС дополняет информационный, интеллектуальный, когнитивный и технологический ресурсы знания оценками качеств всех его элементов. Для получения оценок используются контексты всех объектов технологий ТСР, ТСЭ, ТСД. Квалиметрический компонент представляет элементы аксиологического знания в форме нормативных документированных отчетов:

– *отчет «Оценки информационного ресурса знания»* – содержит оценки ценностей элементов онтологического знания на эмпирическом и системном уровнях по категориям «Показатели» и «Структуры отношений» для «Системы в данных» и «Системы в отношениях»;

– *отчет «Оценки интеллектуального ресурса знания»* – содержит оценки ценности представления «Системы в качествах» на системном уровне и уровне верификации по категориям «Системные модели» и «Кластеры объектов»;

– *отчет «Оценки технологического ресурса знания»* – содержит оценки ценности элементов онтологического знания по категориям «Показатели», «Системные модели», «Кластеры объектов», «Модели состояний» для «Системы в данных», «Системы в отношениях», «Системы в качествах», «Системы в эталонах», «Системы в формах воплощения эталонов», «Системы в состояниях».

Ценностно-оценочные суждения завершают процесс производства системного знания. Элементы знания наделяются атрибутами правильности, полноты, завершенности. Объективность онтологического знания о системе определяется степенью его приближения к истине. Объективность связана с эффективностью оценочных суждений, указывающей, в какой мере оценка способствует доверию к результатам когнитивных процессов познания, научного понимания и рационального объяснения онтологии открытых систем.

Место АЯ ФОС в технологической платформе производства и эксплуатации знания об открытых системах. Задачи производства, хранения, обращения и эксплуатации системного знания автоматически решает технологическая платформа (ТП) ФОС [1], [10]. В состав ТП ФОС входят 4 компонента: АЯ ФОС, дескриптивный компонент, конструктивный компонент, проективный компонент (рис. 3).

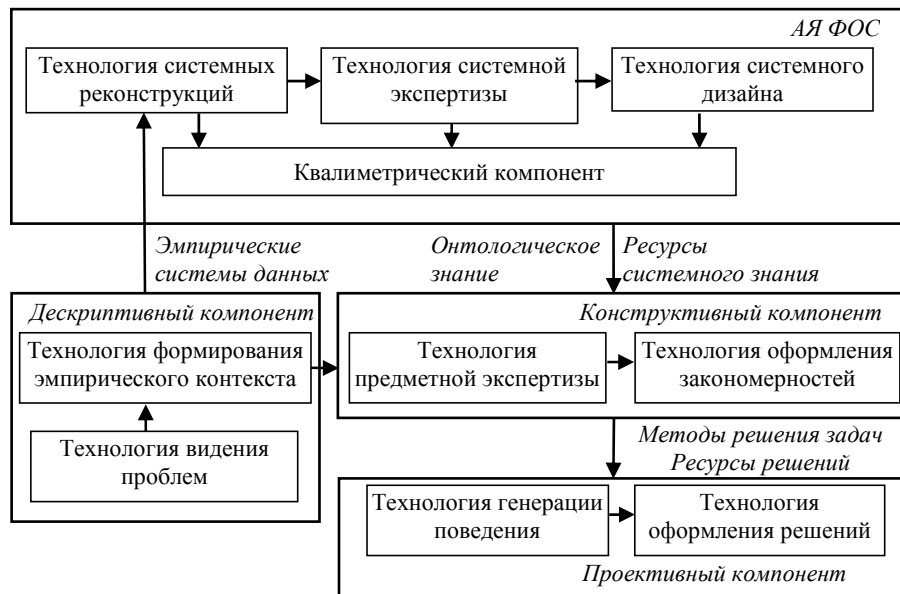


Рис. 3

АЯ ФОС – главная часть *ТП ФОС*. Технологии *АЯ ФОС* автоматически извлекают научно-достоверное онтологическое знание о системе и системных проблемах из больших массивов гетерогенных эмпирических данных, автоматически исследуют правильность, полноту, завершенность полученного онтологического знания.

Дескриптивный компонент ТП ФОС включает в себя технологию видения проблем и технологию формирования эмпирического контекста. *Технология видения проблем* обеспечивает обособление, междисциплинарное вербальное описание системы и системных проблем. *Технология формирования эмпирического контекста* поддерживает создание большого массива эмпирических данных о конкретной открытой системе и исследуемых конкретно-предметных системных проблемах. Ее задачей является преобразование многоаспектного многоцелевого видения системных проблем в их оформленный исходный эмпирический контекст, в соответствии с которым «сырые» исходные данные о системе и системных проблемах представляются в виде нормативно устроенной ЭСД.

Конструктивный компонент ТП ФОС автоматически преобразует онтологическое знание о системе и ресурсы знания, полученные *АЯ ФОС*, в методы решений и ресурсы решений общих системных задач. В состав конструктивного компонента *ФОС* входят технология предметной экспертизы и технология оформления закономерностей. *Технология предметной экспертизы* преобразует онтологическое знание и ресурсы знания о

системе в описание онтологии конкретной предметной области и онтологии решаемых конкретно-предметных задач. *Технология оформления закономерностей* приводит элементы системного знания к форматам, учитывающим специфику предметной области системных проблем, обеспечивает автоматическое решение задач и автоматическое заполнение нормативных шаблонов оформления полученных результатов.

Проективный компонент ТП ФОС применяет методы и ресурсы решений, полученные конструктивным компонентом, для создания чисто предметных интерфейсов к предметным специалистам, средам моделирования и *DM*-платформам. В состав проективного компонента входят: технология генерации поведения; технология оформления решений. *Технология генерации поведения* – отвечает за автоматическую генерацию:

- объективных когнитивных моделей решений проблем на базе их предметных онтологий и количественных форм системных решений;
- поведенческих портретов решений, раскрывающих свойства системы посредством моделирования ее изменчивости в срезях пространства и времени, событий, состояний, ситуаций, изменений.

Технология оформления решений формирует библиотеки типовых схем решения прикладных задач, разрабатывает и применяет программы-решатели системных задач.

Полный технологический цикл автоматического извлечения научно-достоверного знания об открытой системе из больших массивов эмпирических данных и автоматической генерации решений си-



Рис. 4

стемных задач методами многомерной знание-центрической системной аналитики осуществляется в ТП ФОС по единому сценарию (рис. 4).

В рамках ТП ФОС созданы RTD-кластеры, выполняющие исследования и разработки в предметных доменах: «Безопасность (радиационная, химическая, социальная)»; «Системная биология. Вычислительная токсикология»; «Медицина. Экстремальная медицина»; «Планетарная физика. Солнечно-земная физика»; «Системная инженерия».

В статье представлены новые научные идеи, методы и ключевые технологические решения, обеспечившие создание «интеллектуальной машины» научного познания, научного понимания, рационального объяснения онтологического знания об открытых системах с сотнями и тысячами показателей. Такая «интеллектуальная машина» получила свое полное воплощение в информационных и когнитивных технологиях АЯ ФОС. Эти технологии не имеют аналогов, независимы, об-

ладают существенным информационным превосходством в сравнении с уже существующими технологическими решениями. В статье рассмотрены состав, структура и назначение АЯ ФОС, описаны технологии АЯ ФОС, автоматически генерирующие онтологическое знание из эмпирических описаний открытых систем и технологии ядра, автоматически анализирующие ценность полученного знания. На базе АЯ ФОС в статье решена проблема единой технологии производства и эксплуатации научного знания в ТП ФОС. Центральная идея предложенного решения – автоматическое производство технологиями АЯ ФОС информационного, интеллектуального, когнитивного, технологического ресурсов знания об открытых системах. Главным итогом этого решения стало создание на основе ресурсов системного знания и применение в ТП ФОС новых не имеющих аналогов технологий многомерной знание-центрической аналитики открытых систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kachanova T. L., Fomin B. F., Fomin O. B. Generating scientifically proven knowledge about ontology of open systems. Multidimensional knowledge-centric system analytics // *Ontology in Information Science. InTechOpen*, 2017.
2. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф., Фомин О. Б. Производство научно-достоверного знания об онтологии открытых систем // *Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*. 2018. № 2. С. 10–17.
3. Kachanova T., Fomin B. Physics of Systems is a postcybernetic paradigm of systemology // *Proc. of Intern. Symp. «Science 2.0 and Expansion of Science:*

S2ES» in the context of The 14th World-Multi-Conf. (WMSCI 2010); June 29th – July 2nd 2010. USA, Orlando, Florida: IIS; 2010. P. 244–249.

4. Fomin B. F., Kachanova T. L. Physics of Open Systems: Generation of System Knowledge // *J. of Systemics, Cybernetics and Informatics*. 2013. Vol. 11, № 2. P. 73–82.

5. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Технология системных реконструкций. СПб.: Политехника, 2003. (Проблемы инновационного развития. Вып. 2.)

6. Fomin B. F., Kachanova T. L. Cognition of ontology of Open Systems // *Procedia Computer Science J. Elsevier B.V.* 2017. № 103. P. 339–346.

7. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Методы и технологии генерации системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.

8. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Квалитология системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.

9. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Введение в язык систем. СПб.: Наука, 2009.

10. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Знание-центрическая аналитика многомерных открытых систем // Материалы 9-й конф. «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2016) / ГНЦ РФ «АО «Концерн ЦНИИ „Электроприбор“». СПб., 2016. С. 121–129.

T. L. Kachanova, B. F. Fomin, O. B. Fomin
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

ANALYTICAL CORE OF PHYSICS OF OPEN SYSTEMS

Physics of open systems (POS) proposes its own approaches and methods of cognition of open systems in their natural scales and real complexity. On this basis a new cyber-physic paradigm of systemology became a reality. In this paradigm the analytical core of POS (a complex of informational and cognitive technologies that automatically generate scientifically proven knowledge about the systems' ontology from a huge multidimensional set of heterogeneous empirical data) occupies a central position.

Represents a brief review of composition, structure, and capabilities of the analytical core. In considering the analytical core, much attention has been paid to technological component (technologies to generate knowledge, and to scientifically understand and rationally explain generated knowledge), as well as to qualimetric component (technologies to analyze the value (correctness, fullness, and completeness) of obtained knowledge). A special emphasis has been given to what is the role and where is the place of these technologies of analytical core in architecture of technological platform to generate and exploit knowledge about open systems.

Open systems, Big Data, physics of open systems, ontological knowledge, knowledge mining from empirical data, value of ontological knowledge, multidimensional knowledge-centric system analytics

УДК 004.94

В. Н. Гридин

Центр информационных технологий в проектировании РАН

В. И. Анисимов, А. Д. Ахмад

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Построение веб-сервисов для расчета чувствительности передаточных функций методом присоединенных схем

Рассматриваются вопросы построения веб-сервисов распределенных сервис-ориентированных систем автоматизации схемотехнического проектирования для расчета чувствительности передаточных функций к вариации параметров и внешних воздействий. В качестве варьируемых значений могут приниматься параметры двухполюсников типа R, C, L и параметры передач управляемых источников произвольного типа, а также параметры возможных внешних воздействий (температура, давление, влажность и т. д.). Приводится методика построения веб-сервисов распределенных сервис-ориентированных систем автоматизации схемотехнического проектирования для расчета чувствительности передаточных функций ко всем варьируемым параметрам методом присоединенной схемы. Дается описание списка аргументов метода веб-сервиса для расчета значений относительной модульной и полурасположенной фазовой чувствительности, а также вещественной и мнимой частей абсолютной чувствительности выбранной передаточной функции моделируемой схемы для всех варьируемых параметров компонентов схемы и для всех частотных точек.

Системы автоматизированного проектирования, веб-технологии, веб-сервисы, присоединенные схемы, распределенные системы

Важнейшим этапом проектирования электронной аппаратуры является расчет чувствительности их основных характеристик к вариации

параметров компонентов. К таким характеристикам относятся, прежде всего, передаточные функции электронных схем в частотной области.