5. Герасимов И. В., Сафьянников Н. М., Якимовский Д. О. Сложно-функциональные блоки смешанных систем на кристалле: автоматизация функционального проектирования / под ред. И. В. Герасимова. СПб.: ЭЛМОР, 2012.

6. Основания технологии комплементарного проектирования наукоемких изделий / И. В. Герасимов, С. А. Кузьмин, Л. Н. Лозовой, А. В Никитин. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.

7. Ланнэ А. А. Оптимальный синтез линейных электронных схем. М.: Связь, 1978.

8. Оптимальная реализация линейных электронных RLC-схем / А. А. Ланнэ, Е. Д. Михайлова, Б. С. Саркисян, Я. Н. Матвийчук. Киев: Наук. думка, 1982.

9. Кристофидес Н. Теория графов: Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978.

10. Ильницкий Л. Я. Применение дробно-рациональных приближений в теории функциональных преобразователей. Киев: Наук. думка, 1971.

11. Уилсон Р. Введение в теорию графов. М.: Мир, 1977.

12. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы. М.: Мир, 1984.

A. A. Abdulrab
Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»

GENERATOR OF GRAPH MODELS OF COMPUTATIONALLY-CONVERTER CIRCUITS AS STREAM PROCESSORS OF VIRTUAL INSTRUMENTS ENVIRONMENTS

Present the General formulation of the problem of structural synthesis of stream processes in a class of computationally-Converter EAP-chains operating with the controlled parameter elements. Given its decomposition to a number of private graph tasks with attraction of the staff of the algebra of structural numbers. The terms of construction of a class of minimal number of the operating elements of the EAP-chain with a one-rank s-model for environments of virtual instruments.

Virtual instruments (VI-environment), IP-blocks, stream processes, structural synthesis EAP-circuits, CAD emerging knowledge base

УДК 004.67

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

Гармонизация, интеграция и слияние многомерных измерений параметров природных и технических объектов в системах мониторинга[1]

Предлагаются решения по адаптации технологий гармонизации, интеграции и слияния данных и их применению для обработки и анализа измерений параметров природных и технических объектов в системах мониторинга. Для каждой технологии приводится перечень основных этапов и определяются особенности работы с данными на каждом этапе. Рассматривается технология исследования данных, расширяющая стандартный набор технологий работы с данными.

Интеллектуальный анализ данных, гармонизация данных, интеграция данных, слияние данных

Технологии гармонизации, интеграции и слияния измерений активно развивались на протяжении последних десяти лет в области интеллектуальных геоинформационных систем [1] и нашли широкое применение при решении практических задач обработки и анализа данных в различных предметных областях.

Гармонизация данных предполагает определение основных понятий и их взаимоотношений (онтологии) по соответствующим предметным областям и/или сферам ответственности [2]. В широком смысле под гармонизацией данных понимается приведение данных к стандартному формату. Основные аспекты гармонизации заключаются в обеспечении доступа к большому числу разнородных источников данных, а также в преобразовании данных в необходимый пользователю вид или формат конкретных приложений.

[1] Работа выполнена при поддержке «Российского фонда фундаментальных исследований» по конкурсу молодежных инициативных проектов «Мой первый грант»(соглашение №12-07-31209\13).

Интеграция информации обеспечивает объединение информации от различных источников и доступ к информационным ресурсам для решения прикладных задач. Интеграция неизбежно приводит к увеличению объемов данных и, как правило, обусловлена необходимостью оперировать большими массивами данных в реальном или близком к реальному масштабах времени.

Слияние данных – получение нового качества информации, уменьшение ее объема. Слияние данных является наиболее сложным этапом преобразования информации. Слияние данных определяется как процесс соединения данных от различных источников. Целью слияния является получение данных более высокого качества. Задача слияния данных может рассматриваться на двух уровнях – уровне исходных анализируемых данных и уровне семантического описания данных. Отдельной задачей рассматривается задача слияния знаний, которая представляет собой процесс преобразования различных представлений знаний в одно представление.

Технологии гармонизации, интеграции и слияния представляют собой совокупность общих методов и средств, обеспечивающих извлечение знаний из данных. Для применения технологий при решении практических задач требуется их детализировать применительно к каждой из прикладных предметных областей с учетом состава решаемых задач, требований, предъявляемых к решениям, а также условиям формирования решений. В статье предлагаются технологии интеграции, гармонизации и слияния данных, ориентированные на использование в системах мониторинга технических и природных объектов по измерениям их параметров. При обработке данных в системах мониторинга учитывается место их получения (географический контекст), наличие ранее полученных аналогичных данных (исторический контекст), особенности источников данных (контекст источников данных).

Обобщенная технология гармонизации данных. Адаптация технологии гармонизации данных для применения в системах мониторинга обеспечивается за счет: а) формирования и ведения классификаторов источников данных, типов данных, а также методов и средств их обработки, что позволяет организовать обработку данных на уровне типов данных и типов источников. Как правило, доступ к каждому из типов источников данных осуществляется по априорно заданным протоколам, а приведение данных, получаемых от источника заданного типа, к стандартному формату – с применением соответствующих методов и инструментальных средств; б) использования унифицированной модели представления информации (УМПИ) для описания основных понятий предметной области и отношений между ними, а также универсального метода приведения информации, получаемой от внешних источников, к УМПИ [3]. Обобщенная технология гармонизации приведена на рис. 1, *а*. Рассмотрим основные этапы гармонизации данных.

Этап 0. Определение характеристик данных. Осуществляется сбор всей исходной метаинформации о полученных данных, которая может содержаться как в самих данных в упакованном виде, так и в сопроводительных данных. При необходимости, может осуществляться поиск аналогичных ранее полученных структур данных с целью их расшифровки. В состав исходной метаинформации входят источник данных, описание структуры данных, а также условия ее получения.

Этап 1. Определение соответствия словарю предметной области. На основе исходной метаинформации о данных осуществляется описание в терминах словаря предметной области источников данных, а также самих данных и их основных характеристик. Если соответствующие понятия не могут быть найдены, рассматривается возможность создания новых понятий.

Этап 2. Стандартизация представления данных. В соответствии с метаинформацией о структуре исходных данных, а также информацией об объектах предметной области, в частности, типе данных и стандартном формате его описания выполняется конвертация исходных данных в стандартный формат.

Этап 3. Приведение к унифицированной модели представления информации. Исходные данные, а также метаинформация об исходных данных, описанная в терминах словаря предметной области, представляются в виде объектов унифицированной модели представления информации с использованием универсального метода приведения информации, определяется местоположение объектов в модели, а также их взаимосвязь с другими объектами. При применении универсального метода приведения информации учитывается наличие информации о ранее обработанных аналогичных данных.

Этап 4. Оценка унифицированной модели представления данных. Оценка осуществляется с применением методов и средств, предусмотренных для анализа структуры информационной модели представления информации [1].

Обобщенная технология интеграции данных. Для адаптации технологии интеграции данных разработано две группы алгоритмов: алгоритмы предобработки данных и алгоритмы, обеспечивающие предоставление данных, необходимых для решения специализированных задач. Алгоритмы предобработки данных представляют собой универсальный структурированный набор алгоритмов, который, при необходимости, может быть дополнен и расширен. Алгоритмы, предоставляющие данные для решения пользовательских задач, определяются решаемой задачей и контекстом формирования решения. Рассмотрим основные этапы интеграции данных (рис. 1, *б*).

Этап 0. Определение характеристик данных. Формируется описание характеристик данных на основе метаинформации о данных, содержащейся в унифицированной модели представления информации, сформированной в результате гармонизации данных. В состав основных характеристик данных входят геопространственные и временные параметры их получения, источник данных и средства их получения.

Этап 1. Оценка данных по совокупности. Выполняется анализ данных относительно данных, полученных по тому же объекту (объектам) за заданный временной период. Осуществляется выявление дублирующих, противоречивых и не согласованных данных. Проводится анализ всей

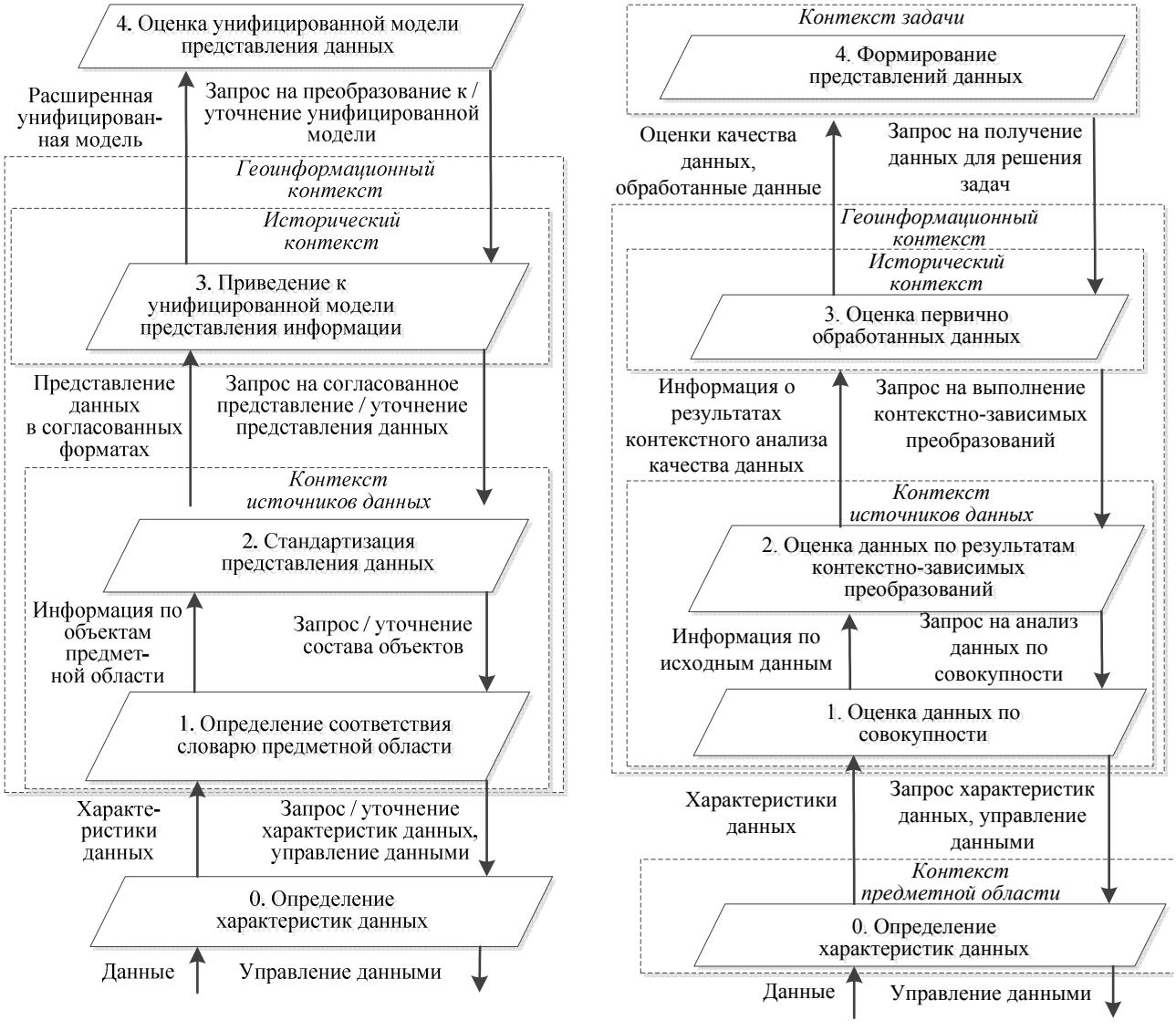

Рис. 1

совокупности полученных данных, однако, при необходимости, могут рассматриваться отдельные элементы данных.

Этап 2. Оценка данных по результатам контекстно-зависимых преобразований. Контекстно-зависимые преобразования включают преобразования, определенные для объекта измерений, измерительных средств и среды проведения измерений. Преобразования являются специализированными и определяются при описании модели предметной области. Преобразования включают две группы вычислительных процедур: процедуры, выполняющие преобразование значений (например, преобразования обеспечивают устранение систематических ошибок), и процедуры, вычисляющие оценку качества данных на основе выполнения последовательности тестов и анализа полученных результатов.

Этап 3. Оценка первично обработанных данных. Первичная обработка данных решает задачи подготовки данных к их дальнейшей обработке и предполагает устранение ошибочных значений, относящихся к шумам, выбросам и сбойным значениям, а также выявление недостоверных значений и, при необходимости, восстановление пропущенных значений. Оценка данных, полученных после первичной обработки, включает определение характеристик данных как в целом, так и по фрагментам, которые являются значимыми при использовании данных для решения целевых задач. В ходе первичной обработки данных учитываются исторические данные (при их наличии).

Этап 4. Формирование представлений данных. Для каждой из решаемых задач конечных пользователей формируется представление, включающее в состав все необходимые данные для решения задач, а также оценки, рассчитанные для первично обработанных данных.

Обобщенная технология слияния данных. Для реализации технологии слияния данных обеспечивается динамическое формирование и коррекция процессов согласованной со средой адаптивной обработки измерений [4], а также разработаны статистические и интеллектуальные методы обработки и анализа измерений, дополняющие методы, применяемые в настоящее время [5]. Рассмотрим основные этапы слияния данных (рис. 2, *а*).

Этап 0. Определение характеристик отдельных параметров. Обработка отдельных параметров обеспечивается за счет построения иерархического формализованного описания параметров [6], позволяющего поэтапно выявлять знания о параметрах методами статистической обработки и интеллектуального анализа данных с учетом результатов обработки аналогичных параметров в схожих условиях, а также геопространственной и временной привязки обрабатываемых параметров.

Этап 1. Оценка характеристик отдельных объектов. Основная задача, решаемая на этом уровне, оценка и предсказание значений отдельных параметров и состояния отдельных объектов. При этом реализуются функции, связанные с формированием информации об отдельных объектах на основе информации об элементах объектов. При обработке данных по объектам учитываются их физическое размещение, условия внешней среды, история их существования и жизненный цикл.

Этап 2. Оценка ситуации. Решаются задачи оценки и предсказания состояния структуры и параметров отношений между объектами предметной области и их взаимного влияния. Информация о ситуациях формируется в контексте геоинформационной среды, представленной в виде совокупности моделей элементов среды, оказывающих прямое или косвенное влияние на ситуации, а также с учетом контекста исторических данных при наличии схожих ситуаций. Проводится анализ, оценка и прогноз отдельных событий и их совокупности, приведших к возникновению ситуаций, а также способных повлиять на ход развития ситуаций и привести к их завершению.

Этап 3. Определение реакции. Основная задача, решаемая на этапе, оценка и предсказание будущих состояний системы и ее частей в терминах полезность/стоимость, формирование альтернативных вариантов реакции системы. На этом уровне осуществляется оценка ситуации, которая может включать оценку динамики развития ситуации, предположения о возможных действиях внешних по отношению к системе объектов, угрозах и собственных уязвимостях.

Этап 4. Оценка производительности. Основная задача, решаемая на этапе – оценка и предсказание характеристик производительности самой системы и их сравнение с желаемыми показателями эффективности. На этом уровне реализуются функции мониторинга самого процесса слияния данных, в частности, с целью улучшения временных характеристик.

Этап 5. Человекомашинное взаимодействие. Реализуются функции, связанные с совершенствованием человекомашинного интерфейса. Этот уровень отвечает за виртуализацию и коллективное принятие решений. На уровне реализуются механизмы управления знаниями, в частности, определяется, кто запрашивает информацию, кто име-

ет доступ к той или иной информации, с какой целью будет использована информация, в каком виде и в каком объеме она должна быть представлена заинтересованному лицу.

Обобщенная технология исследования данных. В ходе исследования данных осуществляется сбор информации (как имеющейся в системе, так и от внешних источников), необходимой для комплексного описания объектов предметной области на уровне знаний об объектах в форме, позволяющей в дальнейшем многократно использовать знания в системе возможными внешними потребителями. Рассмотрим основные этапы исследования данных (рис. 2, *б*).

Этап 0. Определение состава и характеристик данных и знаний об объекте исследования. Выполняется сбор всей информации, имеющей прямое или косвенное отношение к анализируемому объекту, содержащейся в модели предметной области.

Этап 1. Определение необходимых характеристик и знаний. Выполняется сбор характеристик и знаний, необходимых для формирования комплексного описания объектов. Состав характеристик определяется исходя из параметров объекта, заданных в модели предметной области, а также состава имеющейся информации.

Этап 2. Формирование полного описания. Выполняется интеграция имеющейся в модели предметной области информации и результатов поиска необходимой дополнительной информации. Рассматривается возможность получения необходимой информации на основе имеющейся с применением средств искусственного интеллекта.

Этап 3. Исследование полного описания. Выполняется всесторонний детальный анализ сформированного полного описания анализируемого объекта с применением методов и средств статистической обработки, интеллектуального анализа данных, а также инструментов математического и имитационного моделирования. Результаты анализа представляются в формализованном виде.

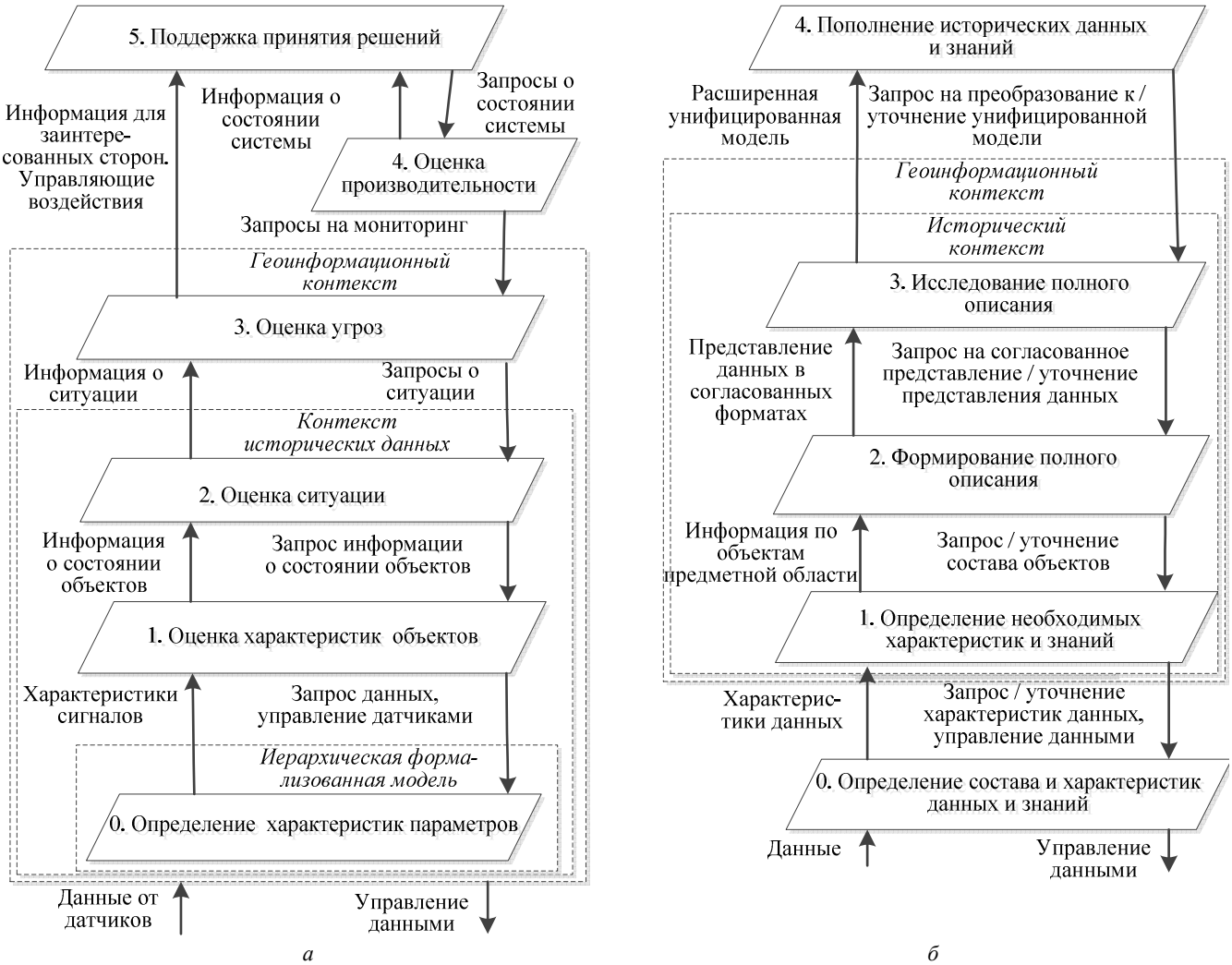

Рис. 2

Этап 4. Пополнение исторических данных и знаний. Исторические данные пополняются за счет сохранения в исторической базе данных полного описания исследуемого объекта и полученных в ходе исследования результатов. При этом обеспечивается быстрый доступ к исторической информации, что необходимо для ее применения в процессе обработки новых данных.

Общий подход к реализации технологий в системах обработки и анализа данных. При проектировании и реализации информационных систем обработки и анализа многомерных измерений, поддерживающих технологии гармонизации, интеграции и слияния (СОАМИ), предлагается использовать методологию Model-Driven Engineering (MDE), основанную на построении иерархии архитектурных моделей [7]. Описание СОАМИ с использованием архитектурных моделей дополняется онтологическим описанием систем. Данный подход позволяет адаптировать системы для использования в различных предметных областях при решении широкого круга прикладных задач.

Иерархия архитектурных моделей СОАМИ включает 4 уровня моделей: уровень М0 (низший уровень), соответствующий конечной системе и отражающий требования пользователей, предъявляемые к системе; уровень М1, описывающий модели системы для одного или нескольких контекстов использования системы, которые определяют сферу применения системы в рамках предметной области; уровень М2 – уровень описания системы в терминах предметной области, в рамках которой планируется применение системы; уровень М3 (верхний уровень), определяющий состав базовых абстрактных моделей, применяемых при построении систем обработки и анализа измерений.

Системы обработки и анализа измерений предполагают в общем случае использование онтологий на всех основных этапах своего жизненного цикла: на этапе разработки и эксплуатации, в процессе функционирования, при сопровождении и модификации. При использовании онтологического подхода к проектированию систем строится модель, которая специфицирует состав и способы представления данных и знаний на трех различных уровнях: уровень проблемной области; уровень семейства продуктов; уровень приложения. На этапе эксплуатации систем в онтологии размещаются данные и знания о предметной области, необходимые для решения прикладных задач. При сопровождении и модификации систем онтологии используются как источник знаний о системах, условиях и способах их эксплуатации.

Использование предложенного подхода к проектированию и разработке СОАМИ позволяет строить системы с объектной, сервисно-ориентированной, многоагентной и комбинированной (смешанной) архитектурами. В настоящее время наиболее широкое применение получили системы с комбинированными архитектурами, в частности, с сервисно-агентно-сервисной архитектурой, позволяющей учитывать особенности задач обработки и анализа измерений и обеспечивающей максимальную функциональность применения СОМИ.

При реализации систем обработки и анализа многомерных измерений с сервисно-ориентированными и комбинированными архитектурами для поддержки технологий гармонизации, интеграции и слияния данных, а также работы с онтологиями целесообразно использовать готовые и апробированные решения, предоставляемые в виде сервисов интеллектуальными геоинформационными системами. Состав и способы использования сервисов ИГИС рассмотрены в [8]. Вопросы управления сервисами описаны в [9], [10].

Предложенные решения были апробированы при выполнении ряда опытно-конструкторской работы в двух предметных областях – обработки и анализа океанографических данных и контроля и анализа состояния объектов ракетно-космической техники. Применение рассмотренных технологий позволило автоматизировать работу систем мониторинга, в результате чего были снижены затраты на эксплуатацию систем без снижения качества их работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга морской обстановки / под общ. ред. чл.-кор. РАН Р. М. Юсупова и д-ра техн. наук В. В. Поповича. СПб.: Наука, 2013.

2. Popovich V., Voronin M. Data Harmonization, Integration and Fusion: three sources and three major components of Geoinformation Technologies // Proc. of IF&GIS, St. Petersburg, September 25–27, 2005.

3. Potapychev S., Pankin A. Universal Data Model for Intelligent GIS // Proc. of IF&GIS, St. Petersburg, May 27–29, 2007.

4. Дерипаска А. О., Жукова Н. А., Панькин А. В. Адаптивный выбор процессов обработки и анализа многомерных измерений в интеллектуальных информационных системах // Тр. 13-й нац. конф. по искусственному интеллекту с международным участием, Белгород, 16–20 окт. 2012.

5. Технология адаптивной обработки измерительных данных / А. Д. Витол, А. О. Дерипаска, Н. А. Жукова, И. С. Соколов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.

6. Vitol A., Zhukova N., Pankin A. Model for knowledge representation of multidimensional measurements processing results in the environment of intelligent GIS // Proc. of the 20th Intern. Conf. on Conceptual Structures for Knowledge Representation for STEM Research and Education, Mumbai, India, Jan. 10–12, 2013.

7. Жукова Н. А., Водяхо А. И. Архитектурный подход к построению систем обработки многомерных измерений параметров пространственно распределенных объектов// Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 2. С. 21–26.

8. Service-Oriented Architecture of Intelligent GIS / V. Popovich, F. Galiano, N. Zhukova et al. // Proc. of Intern. Symposium on Service-Oriented Mapping, Vienna, November 22–23, 2012.

9. Гордеев С. А., Водяхо А. И., Разумовский Г. В. Об одном подходе к управлению ИТ-сервисами// Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2012. № 7. С. 53–57.

10. Архитектурный подход к управлению ИТ-сервисами / А. И. Водяхо, С. С. Голяк, С. А. Гордеев, Г. В. Разумовский // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2012. № 10. С. 34–39.

N. A. Zhukova

Saint-Petersburg state electro technical university «LETI»

HARMONIZATION, INTEGRATION AND FUSION OF TECHNICAL AND NATURAL OBJECTS PARAMETERS IN MONITORING SYSTEMS

In the article technologies of data harmonization, integration and fusion adapted for processing and analysis of measurements of natural and technical objects parameters in monitoring systems are proposed. For each technology the list of the main steps is provided and procedures for data processing at each step is discussed. The technology of data research that expands a standard set of technologies is considered.

Intellectual data analysis, data harmonization, data integration, data fusion