

функции распределения погрешности сложного ИК. Поэтому при оценке доверительных границ погрешности ИК в соответствии с формулой (8) можно рекомендовать применение значений k_p , полученных для нормального распределения.

Л и т е р а т у р а

1. **ГОСТ Р 8.596–2002.** ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.
2. **РМГ 91–2009.** ГСИ. Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределённость измерения». Общие принципы.
3. **МИ 2439–97.** ГСИ. Метрологические характеристики измерительных систем. Номенклатура. Принципы регламентации, определения и контроля.
4. **Кузнецов В. А., Ялунин Г. В.** Общая метрология М.:

«ИПК Издательство стандартов», 2001.

5. **МИ 2999–2011.** ГСИ. Системы автоматизированные информационно-измерительные коммерческого учёта электрической энергии. Рекомендации по составлению описания типа.
6. **МИ 1317–2004.** ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.
7. **Тейлор Дж.** Введение в теорию ошибок. Перевод с англ. М.: Мир, 1985.
8. **Вентцель Е. С.** Теория вероятностей: Учебник для вузов. 5-е изд. стер. М.: Высшая школа, 1998.
9. **Сергеев А. Г.** Метрология: Учебник. М.: Логос, 2005.
10. **Большев Л. Н., Смирнов Н. В.** Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983.

Дата принятия: 30.01.2018.

ИЗМЕРЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

52.08:004.62:681.518.3

Концептуальная модель информационно-измерительной системы на базе распределённых сетей интеллектуальных геосенсоров

А. А. МАЙОРОВ, А. В. МАТЕРУХИН

Московский государственный университет геодезии и картографии,
Москва, Россия, e-mail: maiorov@miigaik.ru, a_materuhin@miigaik.ru

Предложена концептуальная модель информационно-измерительной системы на базе распределённых сетей интеллектуальных геосенсоров. При разработке модели достигнуты легкая масштабируемость системы и производительность, достаточная для обработки потоков пространственно-временных данных, которые поступают от сети геосенсоров в режиме реального времени. Показано, что данная модель обеспечивает высокий уровень интероперабельности между выделенными логическими блоками системы (совместимость как на семантическом уровне, так и на уровне процессов), возможность реализации её логических блоков как отдельных компонентов и обработки потоков пространственно-временных данных высокой интенсивности.

Ключевые слова: сети геосенсоров, потоки пространственно-временных данных, информационно-измерительные системы.

The paper proposes a conceptual model of a data acquisition system based on distributed smart geosensor networks. The tasks that were to be accomplished through the development of a conceptual model: to provide easy scalability of the system; to provide a system performance sufficient for processing of the spatio-temporal data streams coming from the geosensor network in real time; to provide the possibility of component development of the system. The proposed conceptual model provides a high level of interoperability between the allocated logical blocks of the system (compatibility at both the semantic level and the process level), the possibility of implementing its logical blocks as separate components, and the ability to process spatio-temporal data streams of high intensity.

Key words: geosensor networks, spatio-temporal data streams, data acquisition systems.

Распределённые сети интеллектуальных геосенсоров можно определить как сенсорные сети, предназначенные для получения данных о событиях, пространственный аспект которых имеет су-

щественное значение. Важность пространственного аспекта собранных данных может проявляться по крайней мере на одном из следующих уровней:

контента, когда пространственный аспект может быть основным содержимым данных, собираемых датчиками сети (например, датчиками, регистрирующими движение или деформацию объектов);

анализа, т. е. сведения о местоположении датчиков могут обеспечить интегративный уровень для анализа собранных данных (например, для проведения анализа пространственного распределения каких-либо параметров).

Появление новых технологических возможностей, связанных с использованием сетей интеллектуальных геосенсоров, ведёт к необходимости разработки соответствующего класса информационно-измерительных систем (ИИС). Информационно-измерительные системы, входящие в этот класс, являются неотъемлемой частью более сложных систем – киберфизических [1]. В киберфизических системах вычислительные ресурсы взаимодействуют как с сенсорными сетями, обеспечивающими мониторинг различных показателей внешней среды, так и с исполнительными элементами, которые вносят изменения в эту среду. Именно поэтому ИИС, как часть киберфизической системы, обязательно должны поддерживать запросы пространственной аналитики к потокам пространственно-временных данных в режиме реального времени. Киберфизические системы представляют собой парадигму нового поколения для инженерных систем и их создание и внедрение – обязательное условие перехода к цифровой экономике, что отмечается во всех работах, посвящённых цифровой трансформации промышленности и сельского хозяйства. Например, в информационно-аналитическом отчёте Евразийской Экономической Комиссии 2017 г. список базовых технологий для цифровой трансформации промышленности включает в себя технологии киберфизических систем [2]. Концепция киберфизических систем предполагает, что все её подсистемы будут обладать такими свойствами как модульность, гибкость, расширяемость, возможность повторного использования и функциональная совместимость. Однако программная часть большинства ИИС до недавнего времени являлась монолитным приложением, код которого было трудно повторно использовать при разработке новой системы, так как он сильно зависел от аппаратной части системы, применяемых коммуникационных технологий и среды разработки.

Для достижения необходимых свойств ИИС существующий процесс следует изменить, задействовав новые методы и подходы. Эти методы должны включать в себя общий объектно-ориентированный подход, технологию компонентной разработки и методологию проектирования, управляемую моделями (в англоязычной научной литературе – Модель Driven Development). Примерами исследований в этом направлении являются работы [3, 4]. Построение концептуальной модели позволит снизить сложность последующего проектирования системы. Концептуальная модель определяет систему в виде логически связанных функциональных блоков, работающих на разных ресурсах обработки. Полное приложение может быть выполнено как сеть функциональных блоков, образованная соединением их входов и выходов с помощью интерфейсов, определённых в данной модели.

В настоящей статье авторы предлагают концептуальную модель ИИС на базе распределённых сетей интеллектуальных геосенсоров. При разработке этой модели решались следующие задачи:

достичь легкой масштабируемости системы;

гарантировать производительность системы, достаточную для обработки потоков пространственно-временных данных, которые поступают от сети геосенсоров в режиме реального времени;

обеспечить возможность компонентной разработки системы.

В работе [5] технология компонентной разработки уже была использована при разработке программного обеспечения специализированной геоинформационной системы для массовой оценки недвижимости. Под компонентным представлением продукта будем понимать его абстрактное определение, состоящее из элементов, которые позволяют реализовать функциональность этого продукта и выполнить другие (нефункциональные) требования [5]. Таким образом, основную задачу проектирования ИИС в рамках предложенного подхода можно определить как представление в виде концептуальной модели функциональности системы и других требований к ней. Концептуальная модель должна чётко описывать подсистемы и компоненты системы, а также связи между ними. В качестве языка моделирования, на котором авторы представляют разработанную модель, выбран язык UML [6]. Язык UML позволяет наглядно, лаконично и максимально точно выразить передаваемую мысль без дополнительных пояснений. Семантика каждого представленного на диаграмме UML функционального блока и их взаимосвязи определены с точностью до значений, приписанных соответствующим элементам нотации языка UML. Значения элементов нотации определены в спецификации языка [7].

Далее рассмотрим декомпозицию ИИС на подсистемы с соответствующими обоснованиями и пояснениями, приведём конечный вид предложенной концептуальной модели, а также преимущества описанного решения и области его возможного применения.

Первый уровень декомпозиции концептуальной модели системы показан на рис. 1. Выделены три подсистемы: сбора данных, обработки данных и предоставления результатов. Для проведения дальнейшей декомпозиции в соответствии с применяемой методологией следует проанализировать функционал каждой подсистемы, а также определить спецификации для ин-

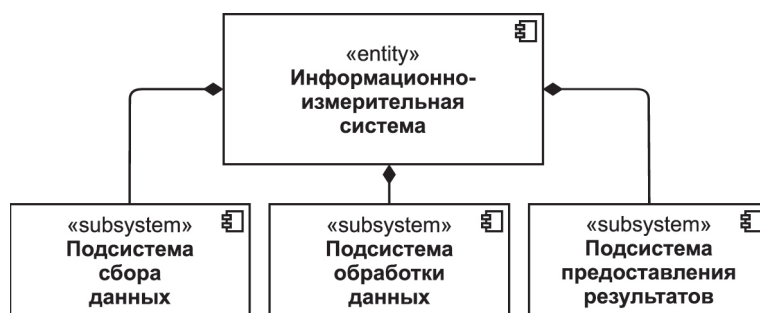


Рис. 1. Диаграмма UML «Основные подсистемы информационно-измерительной системы на базе распределённых сетей интеллектуальных геосенсоров»

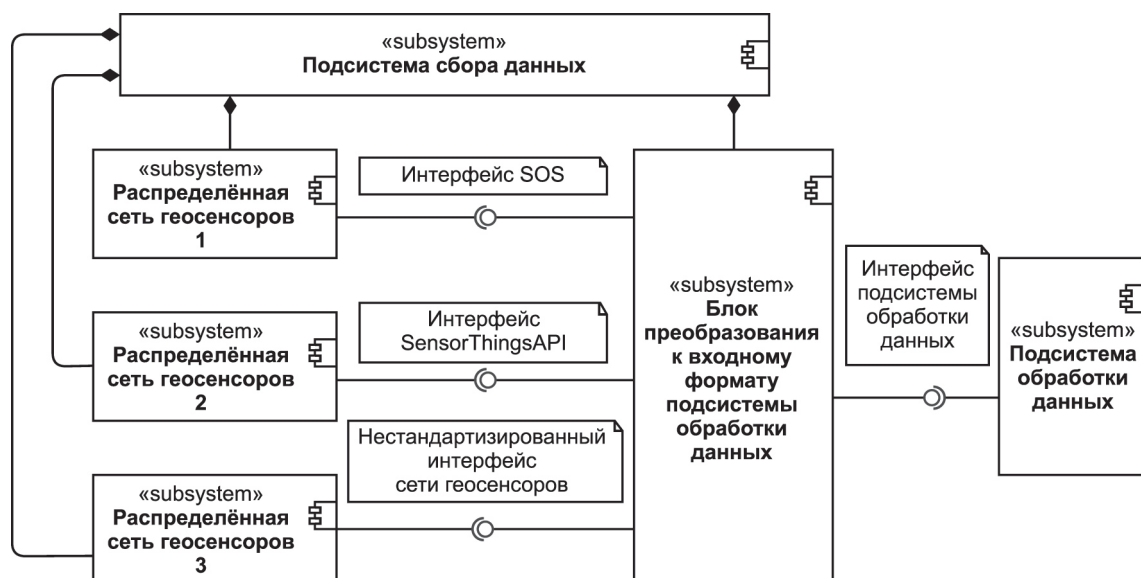


Рис. 2. Диаграмма UML «Подсистема сбора данных информационно-измерительной системы на базе распределённых сетей интеллектуальных геосенсоров»

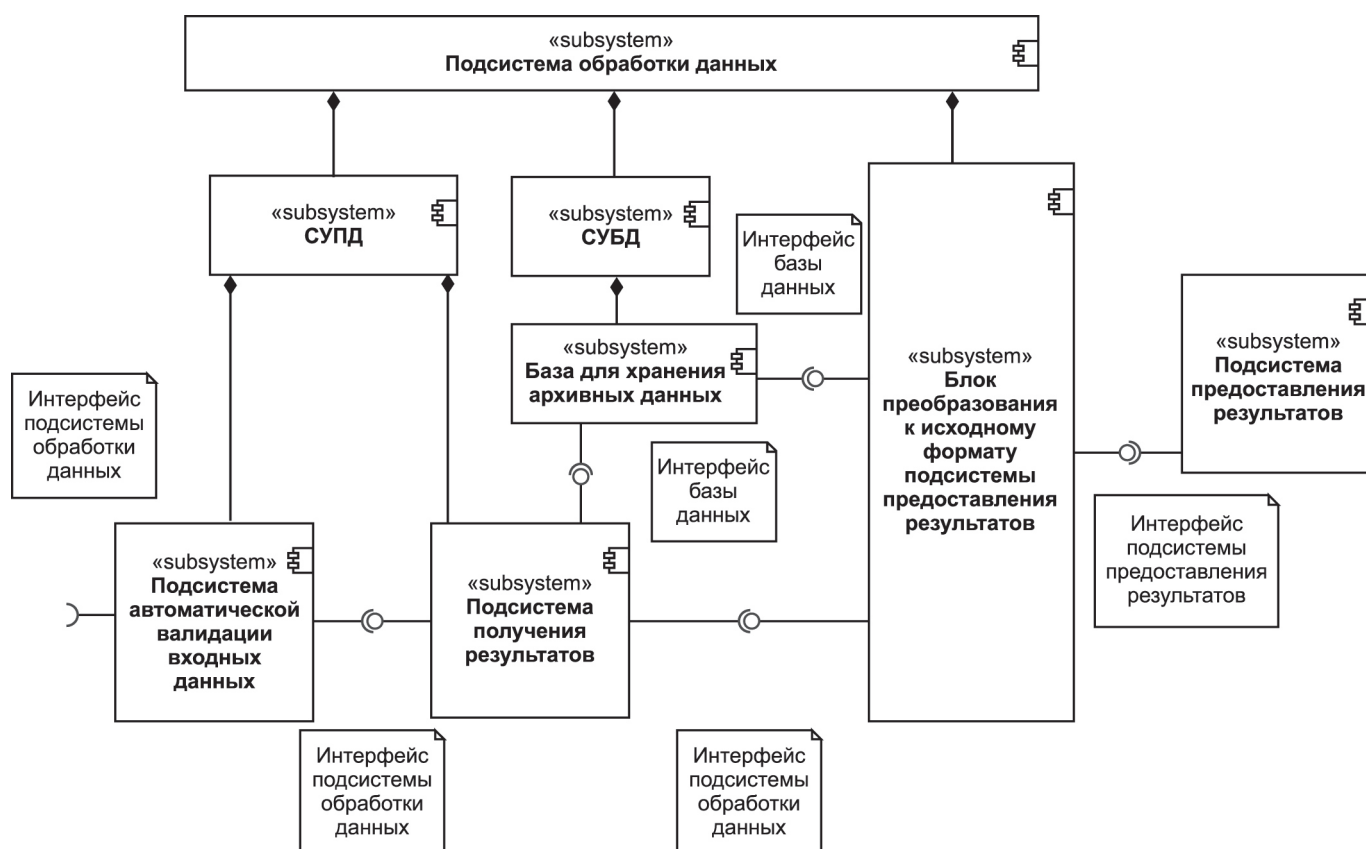


Рис. 3. Диаграмма UML «Подсистема обработки данных информационно-измерительной системы на базе распределённых сетей интеллектуальных геосенсоров»:

СУБД – система управления базами данных; СУПД – система управления потоками данных

терфейсов этих подсистем. Необходимость определения спецификации для интерфейсов вызвана требованием обеспечения совместимости на уровне компонентов системы.

Подсистема сбора данных. Основной частью данной подсистемы рассматриваемого класса ИИС является распределённая сеть интеллектуальных геосенсоров. Такая сеть предназначена для получения данных о событиях, для которых пространственный аспект имеет существенное значение. Применённый в качестве родового понятия термин «распределённая сенсорная сеть» в настоящее время вполне устоялся и обозначает распределённую сеть из интеллектуальных датчиков, поддерживающих сетевые коммуникационные протоколы. Вообще говоря, этот термин не подразумевает какого-либо единого стандарта на сетевой коммуникационный протокол или стек протоколов, хотя существует тенденция к применению стека протоколов TCP/IP для обеспечения передачи данных из распределённых сенсорных сетей во внешние по отношению к ним сети. Эта тенденция основана на концепции интернета вещей (в англоязычной литературе для её обозначения используется аббревиатура IoT) [8], в которой интеллектуальные датчики играют значительную роль. Например, в работе [9] интеллектуальные датчики рассматриваются как базовые строительные блоки для создания интернета вещей. Эволюция концепции интернета вещей привела к появлению более узкого понятия «Веб вещей» (в англоязычной литературе для обозначения этого понятия применяется аббревиатура WoT). Это понятие описывает ситуацию, когда для связи между различными узлами интернета вещей используются веб-протоколы [10]. В целях поддержки и развития концепции «Веб вещей» международный отраслевой консорциум Open Geospatial Consortium (OGC) [11], в который входит более пятисот компаний, государственных учреждений и университетов различных стран мира, являющийся наиболее значимой организацией в области разработки открытых спецификаций для геопространственных данных и сервисов, разработал набор соответствующих документов: стандартные модели и XML-схемы для данных, передаваемых геосенсорами (спецификация Observations & Measurements, O & M); стандартные модели и XML-схемы для систем геосенсоров и процессов получения ими данных (спецификация Sensor Model Language, SensorML); описание интерфейса для запросов, фильтрации и получения данных от систем геосенсоров (спецификация Sensor Observations Service, SOS); описание интерфейса для веб-сервиса, с помощью которого клиентское приложение может определить возможность получения данных от датчиков и подписаться на получение этих данных (Sensor Planning Service, SPS) [12]. Реализация спецификаций OGC SWE [12] позволяет обнаруживать, получать доступ и использовать геосенсоры, применяя стек веб-протоколов и воплощая тем самым концепцию «Веб вещей» в жизнь. Многие производители оборудования и программного обеспечения для создания сети геосенсоров реализуют эти спецификации. Таким образом, при разработке подсистемы сбора данных учтена возможность реализации спецификаций OGC SWE на уровне организации взаимодействия с сетью геосенсоров.

Однако существует большое количество устройств-геосенсоров с ограниченными ресурсами. В подобных устройствах запуск приложений, реализующих спецификации OGC SWE,

весьма затруднителен [13]. Для устройств такого рода OGC разработал спецификацию SensorThings API [14], которая задаёт интерфейс для подключения устройств, данных и приложений IoT, использующих спецификацию [15] для данных наблюдений и измерений. Основное различие между спецификацией OGC SensorThings API и спецификациями OGC SOS и SPS заключается в том, что первая разработана специально для устройств с ограниченными ресурсами. При разработке концептуальной модели авторы учли возможность использования спецификации OGC SensorThings API, а также возможность подключения к системе сетей геосенсоров, в которых применяются нестандартизированные интерфейсы.

На рис. 2 представлена диаграмма UML, полученная в процессе декомпозиции подсистемы сбора данных. Данная диаграмма – результат выполненного авторами анализа как возможных решений для реализации распределённых геосенсорных сетей (с точки зрения моделей данных, используемых для представления результатов измерений), так и возможных решений для обеспечения совместимости на уровне компонентов.

Подсистема обработки данных. При декомпозиции подсистемы обработки данных были учтены результаты, полученные в [16], [17]. В [16] показано, что при высокой интенсивности потоков пространственно-временных данных от сети геосенсоров для обработки этих данных в ИИС в режиме реального времени необходимо применить систему управления потоками данных. В [17] выделены основные проблемы, препятствующие использованию этой системы для обработки потоков пространственно-временных данных, и показано, что для решения проблем необходима разработка математических моделей типов пространственно-временных данных для представления потоков этих данных. Результатом выполнения намеченной программы являются работы [18], [19], где предложена математическая основа такой системы типов. По мнению авторов, именно эта модель данных и должна лежать в основе интерфейса подсистемы обработки данных.

На рис. 3 показана декомпозиция подсистемы обработки данных. При разработке концептуальной модели этой подсистемы были учтены два условия, выполнение которых является обязательным функциональным требованием. Первое – необходимость автоматической валидации входящих данных, причина которой кроется в гетерогенности с точки зрения качества пространственно-временных данных, поступающих от сетей геосенсоров. Второе – необходимость сохранения данных, утративших актуальность для анализа в режиме реального времени, но полезных для проведения анализа на более длинных временных промежутках.

Общий вид концептуальной модели. Общий вид концептуальной модели ИИС на базе распределённых сетей интеллектуальных геосенсоров показан на рис. 4. Предложенная концептуальная модель ИИС не только обеспечивает высокий уровень интероперабельности между выделенными логическими блоками системы (совместимость как на семантическом уровне, так и на уровне процессов), но и учитывает современные методы управления потоками пространственно-временных данных высокой интенсивности. Модель включает в себя:

инструменты для подключения к распределённым сетям геосенсоров независимо от используемого формата данных;

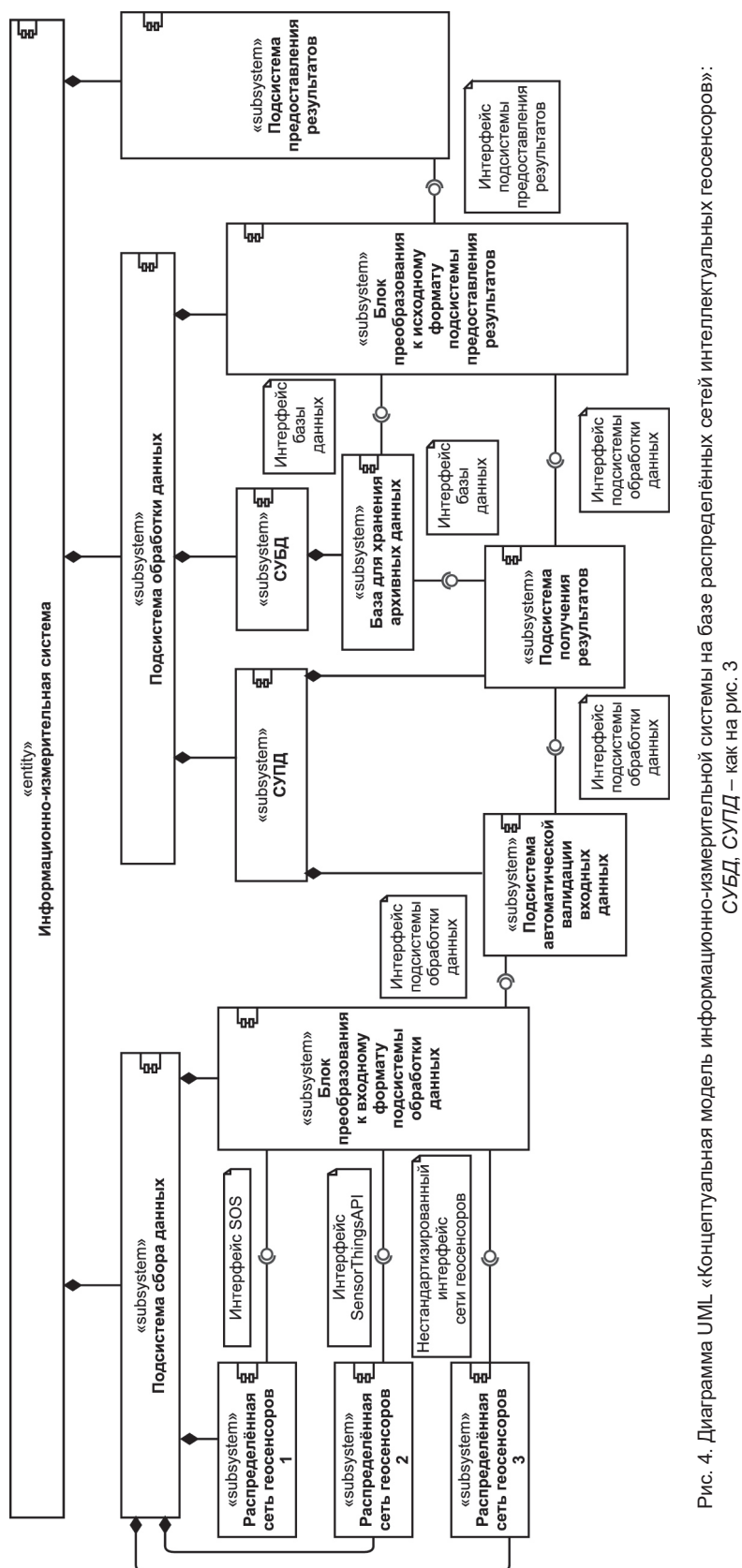


Рис. 4. Диаграмма UML «Концептуальная модель информационно-измерительной системы на базе распределённых сетей интеллектуальных геосенсоров»: СУБД, СУПД – как на рис. 3

возможность использования различных протоколов для обмена пространственно-временными данными, а также результатами их обработки;

способность обеспечить обработку и анализ больших объёмов данных от распределённых сетей геосенсоров в режиме реального времени.

Заключение. Разработанная концептуальная модель не зависит от конкретных технических решений и может быть реализована с помощью широкого спектра технологий. Предложенная модель позволяет снизить сложность разработки проектной модели, а затем и модели реализации конкретной ИИС на базе распределённых сетей интеллектуальных геосенсоров. Данная концептуальная модель может быть применена для проектирования и разработки ИИС в следующих предметных областях: управление производственными процессами; мониторинг окружающей среды; системы «умного города» (контроль шумового загрязнения, контроль парковочного пространства, контроль освещённости и т. д.). Информационно-измерительные системы, реализованные в соответствии с описанной концептуальной моделью, могут быть как самостоятельным решением, так и частью киберфизической системы.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания № 5.6972.2017/8.9.

Литература

1. **The National** Institute of Standards and Technology (NIST), Cyber-Physical Systems Engineering Laboratory [Электрон. ресурс]: [http:// www.nist.gov/el/cyber-physical-systems](http://www.nist.gov/el/cyber-physical-systems). (дата обращения: 08.12.2017).
2. **Анализ** мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств – членов Евразийского экономического союза. М.: ЕЭК, 2017.
3. **Panjaitan S., Frey G.** Combination of UML Modeling and the IEC 61499 Function Block Concept for the development of Distributed Automation Systems // 11th IEEE Int. Conf. on Emerging Technologies and Factory Automation, Prague, September 2006. P. 766–773.
4. **Вашкевич Н. П., Дубинин В. Н.** Разработка комплекса формальных моделей и их трансформаций для проектирования распределённых информационно-управляющих систем промышленной автоматизации: отчёт о НИР по проекту № 2.1.2/4257 аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2011 гг.)». Пенза.: ПГУ, 2011.
5. **Матерухин А. В.** Использование паттернов проектирования при разработке программного обеспечения специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости // Геодезия и картография. 2012. № 1. С. 35–38.
6. **Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А.** UML: Руководство пользователя. М.: ДМК Пресс, 2001.

7. **About** the Unified Modeling Language specification version 2.5.1 [Электрон. ресурс]: [http:// www.opengeospatial.org/](http://www.opengeospatial.org/) (дата обращения: 08.12.2017).

8. **Uckelmann D., Harrison M., Michahelles F.** An Architectural Approach towards the Future Internet of Things // Architecting the Internet of Things; Springer-Berlin: Heidelberg, Germany, 2011. Ch. 1. P. 1–24. DOI: 10.1007/978-3-642-19157-2_1.

9. **Kortuem G., Kawsar, F., Fitton D., Sundramoorthy V.** Smart Objects as Building Blocks for the Internet of Things / IEEE Internet Computing 14. 1. 2010. P. 44–51. DOI:10.1109/MIC.2009.143.

10. **Bröring A., Remke A., Lasnia D.** SenseBox – A Generic Sensor Platform for the Web of Things. In: Puiatti A., Gu T. (eds) Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking, and Services. MobiQuitous 2011. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering. 2012. V. 104. Berlin: Springer, Heidelberg. Ch. 16. P. 186–196. DOI:10.1007/978-3-642-30973-1_16.

11. **Open** Geospatial Consortium. [Электрон. ресурс]: <http://www.omg.org/spec/UML> (дата обращения: 08.12.2017).

12. **OGC** Sensor Web Enablement (SWE). [Электрон. ресурс]: <http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe> (дата обращения: 08.12.2017).

13. **Vermesan O., Friess P.** Volume Bringing IP to Low-power Smart Objects: The Smart Parking Case in the CALIPSO Project // Internet of Things Applications. From Research and Innovation to Market Deployment. The River Publishers; Aalborg,

Denmark. 2014. P. 287–313.

14. **OGC** SensorThings API Part 1: Sensing [Электрон. ресурс]: <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorthings>. (дата обращения: 08.12.2017).

15. **Cox S. J. D.** Geographic Information. Observations and Measurements, OGC Abstract Specification Topic 20 (same as ISO 19156:2011), OGC 10-004r3. 54. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.1142.3042>. (дата обращения: 08.12.2017).

16. **Майоров А. А., Матерухин А. В.** Анализ существующих технологий обработки потоков пространственно-временных данных для современных информационно-измерительных систем // Измерительная техника. 2017. № 4. с.31–34.

17. **Матерухин А. В.** Проблематика создания ГИС на основе систем управления потоками данных // Геодезия и картография. 2017. № 4. С. 44–47. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-922-4-44-47.

18. **Матерухин А. В.** Алгебраический подход к разработке абстрактных типов пространственно-временных данных // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2017. № 1. С. 114–117.

19. **Матерухин А. В.** Система типов для потоков пространственно-временных данных в виде расширенной сигнатуры многосортной алгебраической системы // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2017. № 2. С. 121–125.

Дата принятия: 28.12.2017.

ЛИНЕЙНЫЕ И УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

681.518

Автомат бесконтактного контроля резьбы на основе метода оптической пространственной фильтрации

Д. Б. ГЕОРГИЕВ, В. И. МИРОНЧЕНКО, С. И. ОРЬКИН, В. Н. ШИШОВ

Научно-исследовательский технологический институт им. П. И. Снегирёва, Балашиха, Россия, e-mail: mirv2010@rambler.ru

Описан переналаживаемый автомат бесконтактного контроля наружной резьбы, позволяющий проводить комплексный контроль мелкой резьбы корпусных деталей с мягким покрытием. Работа автомата основана на методе оптической пространственной фильтрации.

Ключевые слова: оптический метод, резьба, диаметр, контроль, автомат.

The reset automatic tool for contactless control of external thread based on optical spatial filtering method is described. The automatic tool allows to carry out the complex control of fine threads of boxy parts with soft coating.

Kew words: optical method, thread, diameter, control, automatic tool.

Контроль параметров резьбы является одним из самых востребованных видов контроля геометрических параметров. Наиболее широко распространены простые и надёжные контактные методы контроля с применением жёстких резьбовых калибров. Для наружных резьб наиболее часто в

производстве контролируются наружный, средний и приведённый средний диаметры резьбы, внутренний диаметр резьбы контролируется значительно реже. Согласно стандарту [1] с учётом контрольных и установочных калибров только для контроля наружной резьбы существуют резьбовые калибры