

19. *Bulanov S.G., Dzhannunts G.A.* Programmnyy analiz ustoychivosti sistem obyknovennykh differentsial'nykh uravneniy na osnove mul'tiplikativnykh preobrazovaniy raznostnykh skhem i kusochno-polinomial'nykh priblizheniy resheniya [Program analysis of stability of ordinary differential equations systems on the basis of multiplicative transformations of difference schemes and piecewise polynomial approximations of the solution], *Promyshlennye ASU i kontrolyery* [Industrial Automatic Control Systems and Controllers], 2015, No. 2, pp. 10-20.
20. *Dzhannunts G.A., Romm Ya.E.* Var'iruemo kusochno-interpolyatsionnoe reshenie zadachi Koshi dlya obyknovennykh differentsial'nykh uravneniy s iteratsionnym utochneniem [The varying piecewise interpolation solution of the Cauchy problem for ordinary differential equations with iterative refinement], *Zhurnal vychislitel'noy matematiki i matematicheskoy fiziki* [Computational Mathematics and Mathematical Physics Journal], 2017, Vol. 57, No. 10, pp. 1641-1660.
21. *Doban A., Lazar M.* Computation of Lyapunov functions for nonlinear differential equations via a Yoshizawa-type construction, *10th IFAC Symp. on Nonlinear Control Systems NOLCOS: IFAC-PapersOnLine*, 2016, pp. 29-34.
22. *Zhaolu T., Chuanqing G.* A numerical algorithm for Lyapunov equations, *J. Appl. Math. Comput.*, 2008, Vol. 202, Issue 1, pp. 44-53.
23. *Xiao-Lin L., Yao-Lin J.* Numerical algorithm for constructing Lyapunov functions of polynomial differential systems, *J. Appl. Math. Comput.*, 2009, Vol. 29, Issue 1-2, pp. 247-262.
24. *Olgac N., Sipahi R.* A practical method for analyzing the stability of neutral type LTI-time delayed systems, *Automatica*, 2004, Vol. 40, Issue 5, pp. 847-853.
25. *Hafstein S.* A constructive converse Lyapunov theorem on asymptotic stability for nonlinear autonomous ordinary differential equations, *Dynamical Systems*, 2005, Vol. 20, pp. 281-299.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

Буланов Сергей Георгиевич – Ростовский государственный экономический университет; e-mail: bulanovtspi@mail.ru; 347936, г. Таганрог, Инициативная,48; тел.: 89094369543; доцент.

Bulanov Sergei Georgievich – Rostov State University of Economics; e-mail: bulanovtspi@mail.ru; 48, Initsiativnaya street, Taganrog, 347936, Russia; phone: 89094369543; associate professor.

УДК 004.4:91

DOI 10.18522/2311-3103-2020-6-99-108

М.Ю. Поленов, Д.А. Иванов

МОДИФИЦИРОВАННАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ АРХИТЕКТУРА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ*

Предложена модифицированная распределенная архитектура обработки данных на основе модели клиент-сервер, как один из вариантов реализации программного приложения геоинформационной системы. Проведенный обзор существующих геоинформационных систем и их классификация с точки зрения архитектуры продемонстрировали перспективность применения распределенной архитектуры. Однако, системы, разработанные на основе традиционной распределенной архитектуры, сталкиваются с проблемами отображения обработанных трехмерных данных в реальном времени на вычислительных устройствах с низкой производительностью. В связи с этим целью данной работы является разработка и исследование модифицированной архитектуры геоинформационных систем, позволяющей снизить требования к вычислительным устройствам клиентов. Актуальность темы исследования заключается в том, что в настоящее время существуют устройства способные поддержать работу только тонких клиентов, которые зачастую имеют малый функционал и не способны решать тяжелые вычислительные задачи. В статье рассмотрены особенности структурной и программной реализации геоинформа-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-07-00559.

ционной системы на основе традиционной архитектуры и предложенной модифицированной распределенной архитектуры. Приведены результаты экспериментов проведенных на двух разработанных программных приложениях, имеющих различную архитектуру. Программная реализация модифицированной архитектуры и результаты экспериментов, показали целесообразность ее применения для геоинформационных систем на пользовательских вычислительных устройствах с невысокой производительностью. Предложенная архитектура может быть использована и в других распределенных системах. Особенно в таких, где стоят задачи отображения трехмерной информации на тонких клиентах.

Геоинформационная система; обработка данных; распределенная архитектура; модифицированная распределенная архитектура.

M.Yu. Polenov, D.A. Ivanov

MODIFIED DISTRIBUTED DATA PROCESSING ARCHITECTURE FOR GEOINFORMATION SYSTEMS

The paper proposes a modified distributed data processing architecture based on the client-server model, as one of the options for implementing a software application of a geographic information system. The review of existing geographic information systems and their classification from the point of view of architecture demonstrated the prospect of using a distributed architecture. However, systems developed on the basis of a traditional distributed architecture face problems displaying processed 3-dimensional data in real time on computing devices with low performance. In this regard, the purpose of this work is to develop and study a modified architecture of geographic information systems, which allows to reduce the requirements for computing devices of clients. The relevance of the research topic lies in the fact that currently there are devices that can support only thin clients, which often have small functionality and are not able to solve heavy computing tasks. The article discusses the features of the structural and software implementation of a geographic information system based on the traditional architecture and the proposed modified distributed architecture. The results of experiments carried out on two developed software applications with different architectures are presented. The software implementation of the modified architecture and the results of experiments have shown the feasibility of its application for geographic information system systems on user computing devices with low performance. The proposed architecture can be used in other distributed systems as well. Especially in those where the task is to display three-dimensional information on thin clients.

Geographic information system; data processing; distributed architecture; modified distributed architecture.

Введение. Геоинформационные системы (ГИС) появились в 1960-х годах как средство отображения в памяти компьютера объектов, расположенных на поверхности Земли. Широкое распространение в России ГИС получили только в конце 1980-х – в начале 1990-х годов с появлением персональных компьютеров [1]. ГИС быстро адаптировались к новой, более доступной платформе, и цена систем начала постепенно падать, а число пользователей и организаций, которые могли позволить себе ГИС, соответственно, возрастать.

Геоинформационная система – система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных. ГИС содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений [2].

Применение ГИС-технологий позволяет резко увеличить оперативность и качество работы с пространственно-координированными данными по сравнению с традиционными методами картографирования. В настоящее время практически каждый имеет свою карманную версию ГИС, предоставляемую различными сервисами, такими как Yandex maps [3], Google maps [4], Microsoft Bing Maps [5] и другими. Они позволяют просматривать спутниковые фотографии Земли, определять текущее местоположение пользователя, строить маршруты и многое другое.

Однако круг решаемых задач данных сервисов ограничен и при разработке ГИС приложений для решения конкретных задач требуется учитывать вычислительные мощности устройства, на котором будет осуществляться решение задачи. Даже высокопроизводительные вычислительные системы могут встретиться с проблемами производительности таких приложений. В связи с этим, решение данных задач переносится на серверную часть приложения или сервиса [6]. Так происходит в вышеперечисленных сервисах, а пользователь получает лишь решение данной задачи.

В данных сервисах отображение или рендеринг осуществляет ядро ГИС. В ядро поступают все необходимые данные: карты, маршруты, прочие графические обозначения и другая информация. И на основе этих данных пользователь получает готовое изображение. Для маломощных вычислительных устройств даже такая задача может быть довольно сложной и трудоемкой, поскольку может быть загружено одновременно несколько карт в различных проекциях [7]. Таким образом, мы получим систему, которая не сможет эффективно работать в режиме реального времени.

Для решения данной проблемы можно предпринять следующее: повысить вычислительную мощность устройств пользователей или перенести ядро ГИС и, как следствие рендеринг, на серверную часть ГИС.

Поскольку, повышение вычислительной мощности устройств не всегда является возможным, особенно когда устройства выполнены в виде укомплектованных моноблоков или подобных систем, то второй вариант можно считать предпочтительным, поскольку он не требует модернизации устройств, а только модификации организации самого приложения. Также, основным преимуществом данного решения является повышение производительности ГИС с сохранением ее полного функционала.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка и исследование модифицированной архитектуры ГИС, позволяющей снизить требования к вычислительным системам клиентов.

Актуальность темы исследования заключается в том, что в настоящее время существуют системы способные поддерживать работу только тонких клиентов, которые зачастую имеют малый функционал и не способны решать тяжелые вычислительные задачи.

Обзор и классификация архитектур ГИС. В настоящее время существует большое число различных ГИС, которые основаны на следующих видах архитектур [6]: локальной; многопользовательской и распределенной.

Локальная ГИС. В настоящее время существуют предприятия, использующие локальные инструментальные ГИС, которые позволяют хранить пространственные данные либо в виде обычных файлов, либо в локальных СУБД. Этот подход имеет ряд существенных недостатков:

- ◆ неполнота описания геопространственных объектов; как правило, объекты в таких ГИС содержат небольшое количество атрибутов или описаний;
- ◆ сложность синхронизации версий геопространственных объектов и их атрибутов по инженерным сетям.

Многопользовательская ГИС. Вместо локальной системы, функционирующей на одном рабочем месте, в такой ГИС используется централизованная многопользовательская система, в которой множество пользователей могут одновременно работать в едином информационном пространстве. Данный метод повышает эффективность работы с ГИС, однако остаются нерешенными следующие проблемы:

- ◆ отсутствие ограничения доступа к данным, пространственные и атрибутивные данные доступны всем пользователям;
- ◆ отсутствие у пользователей необходимых навыков работы с ГИС.

Распределенная ГИС. Применение технологии публикации пространственных данных обеспечивает централизованное хранение, анализ и предоставление пространственных данных в корпоративной сети и в сети Интернет для удаленных пользователей.

Поставщики геоданных взаимодействуют с единым хранилищем пространственных и атрибутивных данных. За публикацию пространственных данных отвечает веб-ГИС-сервер [8], который является связующим звеном между пользователями и электронным генеральным планом.

Распределенная ГИС [9, 10] имеет преимущества многопользовательской архитектуры без ее недостатков, поскольку любое изменение геопространственных данных осуществляется только через модераторов веб-сервера.

На основе информации полученной при анализе популярных ГИС-сервисов и рассмотренных типов архитектуры ГИС составим обобщенную схему архитектуры ГИС этих сервисов, представленную на рис. 1.

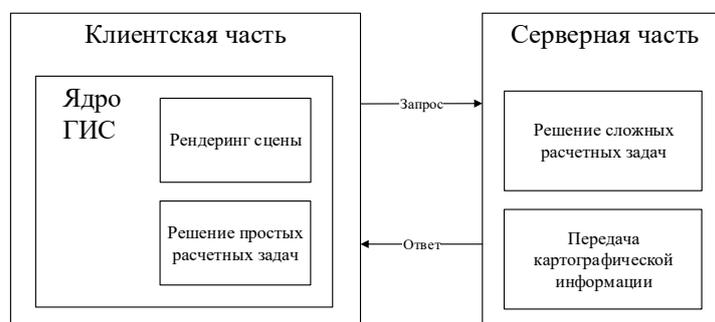


Рис. 1. Обобщенная схема распределенной архитектуры ГИС популярных сервисов

Модифицированная распределенная архитектура ГИС. Приложения, разработанные на основе традиционной распределенной архитектуры, могут сталкиваться с проблемами отображения обработанных трехмерных данных в реальном времени при использовании таких приложений на вычислительных устройствах с низкой производительностью.

Для решения данной проблемы предлагается модифицированная распределенная архитектура геоинформационных систем [11, 12].

Решением рассмотренной проблемы является перенос ядра ГИС и, как следствие, рендеринга, на серверную часть геоинформационной системы, поскольку модернизация оборудования – это чаще всего более дорогостоящий процесс, чем изменение структуры приложения, так как оборудование может быть сертифицировано, либо укомплектовано таким образом, что его модернизация финансово нецелесообразна.

На рис. 2. представлена предлагаемая архитектура ГИС, позволяющая решить представленную выше задачу. На данной схеме, как и на схеме традиционной распределенной архитектуры, присутствуют две части: клиент и сервер. Следует отметить что в данной архитектуре сервер имеет дополнительную программу или сервис осуществляющий взаимодействие с ядром ГИС.

В отличие от ранее рассмотренной архитектуры, здесь клиентская часть сильно упрощена. Из всего функционала клиентской части основным можно выделить отображение полученной мультимедийной информации, т.е. потока готовой, с точки зрения отображения, геоинформации. Также, как и в ранее рассмотренной обобщенной схеме архитектуры, задача отображения графического интерфейса и его взаимодействия с внутренней частью приложения (в данном случае – это взаимодействие с средствами, позволяющими осуществлять передачу информации в сети) остается в клиентской части.



Рис. 2. Схема модифицированной распределенной архитектуры ГИС

В отличие от серверной части обобщенной схемы, серверная часть модифицированной распределенной архитектуры ГИС содержит ядро ГИС. Его функции остаются такими же, как и в случае обобщенной схемы. Однако, в предлагаемом подходе взаимодействие ядра и других частей ГИС осуществляется в рамках единой системы, что является весомым достоинством, поскольку исключаются возможные потери исходных данных, требуемые для решения сложных расчетных задач.

Также за счет переноса ядра уменьшаются требования к клиентской компоненте ГИС, что позволяет использовать ее на вычислительных устройствах невысокой производительности. Следствием данного решения является то, что в такой ГИС появляется возможность решать более сложные расчетные задачи, не беспокоясь о производительности клиентских устройств.

Реализация и сравнение распределенных архитектур. Для сравнения подходов на основе распределенной и модифицированной распределенной архитектур было решено разработать два программных приложения, основанных на различных архитектурах, но имеющих одинаковый функционал.

Разработка приложения на основе распределенной архитектуры. При разработке приложения ГИС были использованы как открытые библиотеки, так и собственные разработки, также основанные на открытых библиотеках. На рис. 3. представлена структура приложения.

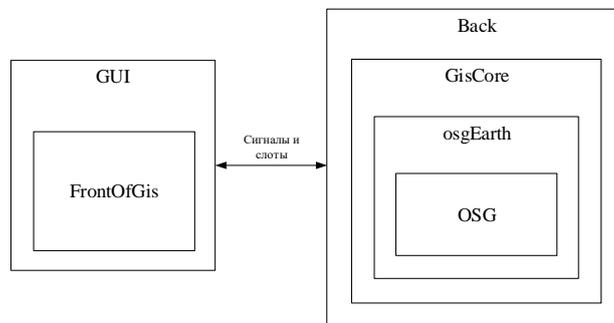


Рис. 3. Структура приложения WholeGis

На данной схеме изображены основные библиотеки, которые использовались при разработке приложения. Связь между графическим интерфейсом и частью приложения, отвечающей за реализацию геоинформационной составляющей, осуществляется с помощью сигналов и слотов представленных фреймворком Qt [13].

Основной составляющей частью геоинформационной библиотеки osgEarth [14] является графическая библиотека OSG (OpenSceneGraph) [15]. OSG – это высокопроизводительный инструментарий трехмерной графики с открытым исходным кодом, используемый разработчиками приложений в таких областях, как визуальное моделирование, игры, виртуальная реальность, научная визуализация и моделирование [15].

Геоинформационная библиотека osgEarth – это открытый проект, геопространственный пакет разработчика и оболочка имитирующая земную поверхность. Данный пакет позволяет использовать простые XML-файлы для быстрого макетирования ГИС [16].

На основе двух выше представленных библиотек была создана библиотека-обертка – GisCore, расширяющая функционал этих библиотек и предоставляющая удобный интерфейс для удобной и быстрой работы с геопространственной информацией. Для связи всех компонентов (см. рис. 3.) было разработано приложение WholeGis.

Разработка приложения на основе модифицированной распределенной архитектуры. При разработке приложения учитывался тот факт, что в данной архитектуре ядро геоинформационной системы переносится на серверную часть, и для практического сравнения архитектур необходимо реализовать два приложения: клиентское и серверное.

На рис. 4 представлена структура клиентского приложения.

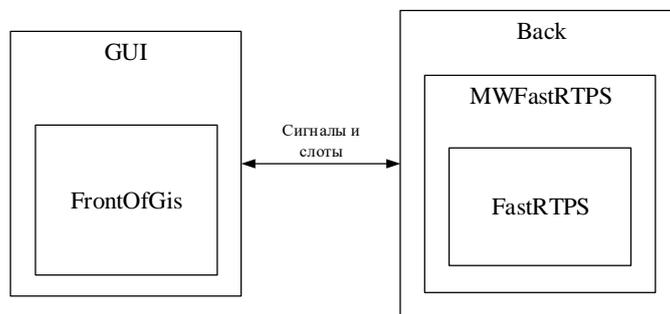


Рис. 4. Структура приложения *DistributedGisClient*

На первый взгляд может показаться, что данная структура очень похожа на структуру приложения WholeGis рассмотренного ранее, однако здесь отсутствует ядро ГИС и используются две другие библиотеки, которые будут рассмотрены далее.

Рассмотрим структуру серверного приложения (рис. 5.).

Из представленной структуры видно, что данное приложение не имеет графического интерфейса, поскольку для корректной работы он не требуется.

Библиотека FastRTPS, реализует протокол RTPS (Real Time Publish Subscribe – подписка в реальном времени), обеспечивающий связь между издателем (publisher) и подписчиком (subscriber) по сетевым протоколам транспортного уровня [17, 18]. Данная библиотека использует шаблон проектирования издатель-подписчик, в котором отправители сообщений, именуемые издателями, напрямую не привязаны программным кодом отправки сообщений к подписчикам. [19, 20].

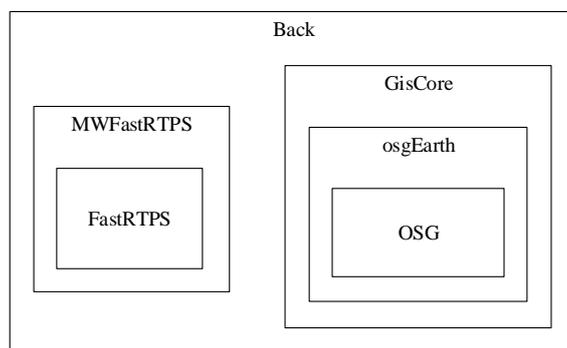


Рис. 5. Структура приложения DistributedGisServer

На основе библиотеки FastRTPS была создана библиотека-обертка MWFastRTPS (Middleware) упрощающая использование библиотеки FastRTPS для инициализации. На основе рассмотренных библиотек было разработано приложение DistributedGisServer.

Экспериментальное сравнение разработанных приложений. Для сравнения характеристик разработанных приложений была промоделирована ситуация высокой загрузки процессора, выступающая в качестве тяжелой вычислительной задачи.

Исходные данные: два компьютера подключенные по локальной компьютерной сети. Один из них выступает в роли сервера, поскольку картографические данные поступают через него в случае использования программы WholeGis. Также при использовании приложений DistributedGis на этом компьютере устанавливается программа DistributedGisServer. Второй компьютер является менее производительным и является клиентом.

Был проведен ряд экспериментов с разработанными приложениями в условиях высокой загрузки процессора и проведены многократные измерения различных характеристик и времени отработки функционала полученных ГИС.

В качестве эталонных были выбраны характеристики приложения WholeGis без нагрузки, поскольку они представляют по сути классическую ГИС. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты эксперимента

Тип операции	Эталонное время выполнения, мс	Время в приложении WholeGis, мс	Время в приложении DistributedGis, мс
panUp	1,865	29,139	1,32
panLeft	1,702	26,931	1,113
panRight	1,101	18,708	0,917
panDown	1,871	24,35	0,864
changeNormalizedScale	0,044	0,0452	0,262
scalePlus	0,05	0,0515	0,907
scaleMinus	0,054	0,0469	0,705
press	1,007	23,592	1,437
move	0,062	0,0626	0,318
setViewpointAboveMap	1,011	19,356	0,969
changeScaleInPoint	0,206	0,181	0,206

При использовании приложения WholeGis для выполнения расчетной задачи заметно увеличение времени обработки операций типа pan, а также press и setViewpointAboveMap, поскольку эти операции требуют расчет связанный с преобразованием координат. Также следует отметить, что при работе с приложением во время выполнения расчетной задачи было заметно присутствие задержек выполнения операций даже в графическом интерфейсе программы.

При работе в приложении DistributedGis расчетная задача решалась на серверной части, и поскольку данная задача не может полностью загрузить мощный серверный процессор, то на работе приложения это не отразилось. Однако стоит заметить, что даже при отсутствии воздействия нехватки вычислительных ресурсов на серверную часть геоинформационной системы среднее время выполнения операций увеличилось. Это связано с тем, что в данной архитектуре появилась дополнительная передача данных по сети.

Также следует обратить внимание на полученное количество кадров. Приложение DistributedGis даже при нагрузке практически сохранило эталонное количество кадров, чего нельзя сказать о приложении WholeGis.

Заключение. В данной работе была рассмотрена распределенная архитектура ГИС, поддерживаемая существующими системами, и предложена модифицированная распределенная архитектура. Программная реализация модифицированной архитектуры и результаты экспериментальных исследований, показали целесообразность ее применения на вычислительных устройствах с невысокой производительностью. Главными достоинствами модифицированной распределенной архитектуры является сохранение исходного функционала ГИС, пользовательских характеристик, а также уменьшение воздействия расчетных задач на клиентскую часть. Архитектуры, подобные разработанной, могут быть использованы и в других распределенных системах. Особенно в таких, где стоят задачи отображения трехмерной информации на устройствах с невысокой производительностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусева А.В. Геоинформационные системы // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 5. – С. 50-55.
2. Ковин Р.В., Марков Н.Г. Геоинформационные системы: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 175 с.
3. Яндекс.Карты. – Режим доступа: <https://yandex.ru/maps> (дата обращения: 27.10.2020).
4. Google maps. – Режим доступа: <https://www.google.com/maps> (дата обращения: 27.10.2020).
5. Microsoft Bing Maps. – Режим доступа: <https://www.bing.com/maps> (дата обращения: 27.10.2020).
6. Гриценко Ю.Б., Жуковский О.И. Типовые архитектурные решения геоинформационных систем // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2013. – № 2. – С. 171-175.
7. Виноградов А.В., Мазуров Б.Т. Перспективы использования специальных геодезических проекций и местных систем координат // Вестник СГУГиТ. – 2017. – № 1. – С. 18-29.
8. Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И., Рыбалов Н.Б. Принципы построения web-ориентированной ГИС промышленного предприятия // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309, № 7. – С. 146-152.
9. Васильев В.Н. Обзор существующих ГИС // Молодой ученый. – 2016. – № 14 (118). – С. 62-66.
10. Шокин Ю.И., Потапов В. П. ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения // Вычислительные технологии. – 2015. – Т. 20, № 5. – С. 175-213.
11. Иванов Д.А. Сравнение архитектур геоинформационных систем // Фундаментальные и прикладные аспекты компьютерных технологий и информационной безопасности: Сб. статей VI Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020. – С. 449-450.

12. *Поленов М.Ю., Иванов Д.А.* Организация распределенной архитектуры обработки данных для геоинформационных систем // Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении «КомТех-2020»: Матер. Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020. – Т. 1. – С. 480-484.
13. Qt 5.15. – Режим доступа: <https://doc.qt.io/qt-5/index.html> (дата обращения: 27.10.2020).
14. osgEarth – Geospatial SDK for OpenSceneGraph. – Режим доступа: <http://osgearth.org/> (дата обращения: 27.10.2020).
15. OpenSceneGraph. – Режим доступа: <http://www.openscenegraph.org/> (дата обращения: 27.10.2020).
16. *Иванов Д.А.* Использование геопространственных данных Cesium Ion в среде osgEarth // Информационные технологии, системный анализ и управление (ИТСАУ-2019) / Сб. трудов XVII Всероссийской научной конференции. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019. – Т. 1. – С. 10-12.
17. eProxima Fast DDS Documentation. – Режим доступа: <https://fast-dds.docs.eprosima.com/en/latest/> (дата обращения: 27.10.2020).
18. Fast RTPS installation PX4 v1.9.0 Developer Guide. – Режим доступа: <https://dev.px4.io/v1.9.0/en/setup/fast-rtps-installation.html> (дата обращения: 27.10.2020).
19. *Hohpe G. Woolf B.* Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions. – Pearson Education, 2012. – 106 p.
20. *Buschmann F., Meunier R., Rohnert H., Sommerlad P., Stal M.* Pattern Oriented Software Architecture. A System of Patterns. Vol. 1. – John Wiley & Sons, 1996. – P. 339-343.

REFERENCES

1. *Guseva A.V.* Geoinformatsionnye sistemy [Geographic information systems], *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin], 2013, No. 5, pp. 50-55.
2. *Kovin R.V., Markov N.G.* Geoinformatsionnye sistemy: ucheb. Posobie [Geographic information systems: a tutorial]. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2008, 175 p.
3. Yandex.Karty [Yandex.Maps]. Available at: <https://yandex.ru/maps> (accessed 27 October 2020).
4. Google maps. Available at: <https://www.google.com/maps> (accessed 27 October 2020).
5. Microsoft Bing Maps. Available at: <https://www.bing.com/maps> (accessed 27 October 2020).
6. *Gritsenko Yu.B., Zhukovskiy O.I.* Tipovye arkhitekturnye resheniya geoinformatsionnykh sistem [Typical architectural solutions of geoinformation systems], *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki* [Proceedings of TUSUR University], 2013, No. 2, pp. 171-175.
7. *Vinogradov A.V., Mazurov B.T.* Perspektivy ispol'zovaniya spetsial'nykh geodezicheskikh proektsiy i mestnykh sistem koordinat [Prospects for the use of special geodetic projections and local coordinate systems], *Vestnik SGUGiT* [Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)], 2017, No. 1, pp. 18-29.
8. *Ekhlakov Yu.P., Zhukovskiy O.I., Rybalov N.B.* Printsipy postroeniya web-orientirovannoy GIS promyshlennogo predpriyatiya [Principles of building a web-oriented GIS of an industrial enterprise], *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2006, Vol. 309, No. 7, pp. 146-152.
9. *Vasil'ev V.N.* Obzor sushchestvuyushchikh GIS [Review of existing GIS], *Moloday uchenyy* [Young scientist], 2016, No. 14 (118), pp. 62-66.
10. *Shokin Yu.I., Potapov V.P.* GIS segodnya: sostoyanie, perspektivy, resheniya [GIS today: state of the art, prospects, solution], *Vychislitel'nye tekhnologii* [Computational technologies], 2015, Vol. 20, No. 5, pp. 175-213.
11. *Ivanov D.A.* Sravnenie arkhitektur geoinformatsionnykh sistem [Comparison of architectures of geoinformation systems], *Fundamental'nye i prikladnye aspekty kompyuternykh tekhnologiy i informatsionnoy bezopasnosti: Sb. statey VI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov* [Proceedings of the VI All-Russian scientific and technical conference on Fundamental and applied aspects of computer technology and information security]. Taganrog: Izd-vo YuFU, 2020, pp. 449-450.

12. Polenov M.YU., Ivanov D.A. Organizatsiya raspredelennoy arkhitektury obrabotki dannykh dlya geoinformatsionnykh sistem [Organization of a distributed data processing architecture for geoinformation systems], *Komp'yuternye i informatsionnye tekhnologii v nauke, inzhenerii i upravlenii «KomTekh-2020»: Mater. Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Proceedings of the All-Russian scientific and technical conference with international participation on Computer and information technologies in science, engineering and management (ComTech-2020)]. Rostov-on-Don; Taganrog: Izd-vo YuFU, 2020, Vol. 1, pp. 480-484.
13. Qt 5.15. Available at: <https://doc.qt.io/qt-5/index.html> (accessed 27 October 2020).
14. osgEarth – Geospatial SDK for OpenSceneGraph. Available at: <http://osgearth.org/> (accessed 27 October 2020).
15. OpenSceneGraph. Available at: <http://www.openscenegraph.org/> (accessed 27 October 2020).
16. Ivanov D.A. Ispol'zovanie geoprostanstvennykh dannykh Cesium Ion v srede osgEarth [Using Cesium Ion geospatial data in the osgEarth environment], *Informatsionnye tekhnologii, sistemy analiz i upravlenie (ITSAU-2019): Sb. trudov XVII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Proceedings of the XVII All-Russian scientific conference on Information technology, system analysis and management (ITSAU-2019)]. Rostov-on-Don; Taganrog: Izd-vo YuFU, 2019, Vol. 1, pp. 10-12.
17. eProsima Fast DDS Documentation. Available at: <https://fast-dds.docs.eprosima.com/en/latest/> (accessed 27 October 2020).
18. Fast RTPS installation PX4 v1.9.0 Developer Guide. Available at: <https://dev.px4.io/v1.9.0/en/setup/fast-rtps-installation.html> (accessed 27 October 2020).
19. Hohpe G. Woolf B. Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions. Pearson Education, 2012, 106 p.
20. Buschmann F., Meunier R., Rohnert H., Sommerlad P., Stal M. Pattern Oriented Software Architecture. A System of Patterns. Vol. 1. John Wiley & Sons, 1996, pp. 339-343.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.И. Божич.

Поленов Максим Юрьевич – Южный федеральный университет; e-mail: mypolenov@sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371550; кафедра вычислительной техники; к.т.н.; доцент.

Иванов Даниил Александрович – АО «Научно-конструкторское бюро вычислительных систем»; e-mail: ivanovdaniil2009@yandex.ru; 347936, г. Таганрог, ул. 1-я Линия, 144а; тел.: 88634682560; программист.

Polenov Maxim Yuryevich – Southern Federal University; e-mail: mypolenov@sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371550; the department of computer engineering; cand. of eng. sc.; associate professor.

Ivanov Daniil Alexandrovich – JSC “Scientific Design Bureau of Computing Systems”; e-mail: ivanovdaniil2009@yandex.ru; 1 Liniya street, 144-a, Taganrog, 347936, Russia; phone: +78634682560; programmer.

УДК 004.021

DOI 10.18522/2311-3103-2020-6-108-117

А.В. Анзина, А.Д. Медведева, Е.А. Емельянов

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДБОРА МЕР ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЗУЛЬТАТОВ ОТЧЕТА СКАНЕРА УЯЗВИМОСТИ

Эффективная защита информации в информационной системе подразумевает регулярное проведение диагностики и мониторинга сети, компьютеров и приложений на предмет обнаружения возможных проблем в системе безопасности. Для сканирования безопасности существуют сканеры уязвимостей, сертифицированные Федеральной службой