

Е.А. Паниди<sup>1</sup>

## О ВНЕДРЕНИИ КОНЦЕПЦИИ ТУМАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СОСТАВЕ ИНФРАСТРУКТУР ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

**Резюме.** Информационные технологии и, в том числе, технологии глобальной сети развиваются крайне быстро. При этом, актуальной остаётся проблема внедрения технологий общего назначения в информационных системах, оперирующих пространственными данными. В статье обсуждается целесообразность внедрения ряда новых подходов при решении задач публикации и управления пространственными данными в глобальной сети. Приведён краткий обзор современных концепций и технологий распределённого хранения и управления данными, предусматривающих совместное использование серверных и клиентских ресурсов. В частности, упомянуты концепции облачных вычислений, туманных вычислений и Интернета вещей, а также технологии Java Web Start, WebRTC и WebTorrent. Кратко охарактеризован опыт автора в разработке легко переносимых решений для публикации пространственных данных и геоинформационных программных средств в глобальной сети.

**Ключевые слова:** пространственные данные, веб-геосервисы, веб-ГИС, облачные вычисления, туманные вычисления.

**Введение.** Парадигма инфраструктур пространственных данных (ИПД) является одной из основ современной теории геоинформатики. В условиях широчайшего проникновения технологий глобальной сети почти во все сферы производства и деятельности общества, вполне естественными является и применение этих технологий в качестве базового инструмента интеграции (в том числе на глобальном уровне) геоинформационных средств и ресурсов, а также обеспечения информационного обмена при работе с пространственными данными. По мере развития технологий глобальной сети и появления новых архитектурных и технологических решений, также расширяется и обновляется перечень сетевых технологий, применяемых при формировании ИПД, основу которых сегодня составляют веб-технологии (веб-геотехнологии).

Подобным образом, широкое распространение в последние годы получили облачные платформы (от англ. Cloud Computing – облачные вычисления [Вуууа et al., 2011]), предназначенные для хранения, представления и обработки пространственных данных (например, [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com), [www.mapbox.com](http://www.mapbox.com) и [www.qgiscloud.com](http://www.qgiscloud.com)) и, используемые, как совместно с ними так и самостоятельно, веб-геосервисы (веб-сервисы, предоставляющие пользователю, доступ к удалённо хранимым пространственным данным или инструментам для манипулирования пространственными данными).

Вместе с тем, в процессе развития информационных технологий в целом, появляются новые концепции и подходы, позволяющие усовершенствовать способы хранения, представления и манипулирования данными (в том числе пространственными данными) в глобальной сети. Таким образом, в связи с тем, что решение задач информационного обмена и управления пространственными данными, в том числе на глобальном уровне, является важнейшим фактором эффективного функционирования и устойчивого развития во многих областях, научных исследований, производства, обеспечения безопасности и т.д., не перестаёт быть актуальной задача интеграции вновь появляющихся подходов и технологий в существующие технологические цепочки. В данной статье рассматриваются особенности концепции туманных вычислений (англ. Fog Computing), первоначально предложенной в 2012 году сотрудниками компании Cisco [Bonomi F. et al., 2012], и обсуждается целесообразность её использования при создании распределённых геоинформационных систем (ГИС).

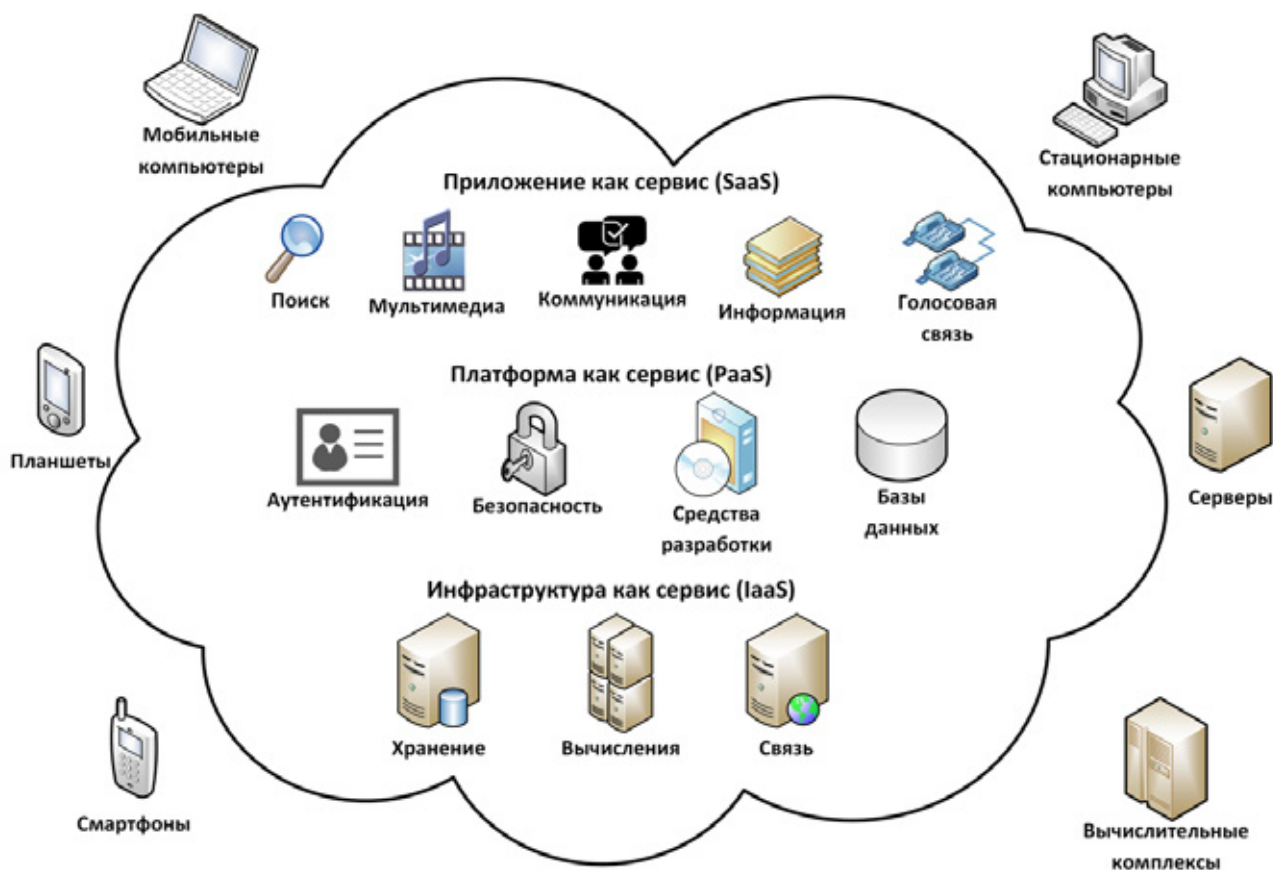
---

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербург, 199178, Россия, канд. тех. н.; e-mail: panidi@ua.ru, e.panidi@spbu.ru.

**Объект и предмет дискуссии.** Облачные решения, обладают рядом несомненных преимуществ, главными из которых, несомненно, являются высокая надёжность хранения данных и масштабируемость используемых аппаратных и программных ресурсов, которые критически важны при работе с пространственными данными, традиционно характеризующимися значительными объёмами хранения. Однако, они не лишены и недостатков. Ключевой проблемой, возникающей при использовании облачной архитектуры, является вопрос обеспечения прав на доступ и использование информационных ресурсов, в ситуации, когда владелец ресурсов хранит их в облаке, предоставляемом сторонней организацией – оператором (так называемое, публичное облако).

Безусловно, вопросы владения и распоряжения хранимыми данными либо программными ресурсами, в такой ситуации, регулируются законодательством и договорными отношениями между владельцем данных и владельцем (оператором) облачной инфраструктуры. Однако, физически данные располагаются на аппаратных средствах, к которым владелец данных не имеет прямого доступа. Это исключает возможность полного контроля доступа к данным и влечёт потенциальные риски утраты доступа к ним их владельца. Традиционным решением подобных проблем является построение частных облачных инфраструктур, которыми владеет и оперирует уже сам владелец данных, но такой подход существенно повышает сложность и стоимость публикации данных.

Другой важной особенностью является централизованность облачной инфраструктуры (Рис. 1). При построении облачной ГИС (а вернее облачной веб-ГИС, так как взаимодействие с пользователями в таких системах традиционно реализуется посредством веб-интерфейсов) информационные ресурсы ГИС (данные и программное обеспечение) физически размещаются в дата-центре, и оказываются подверженными риску утраты в чрезвычайной ситуации, например, в случае масштабного стихийного бедствия. Такой риск, тем не менее, остаётся гипотетическим и исключается дублированием хранимых данных в другом, территориально удалённом, дата-центре.



*Рис. 1.* Обобщённая структура облачной информационной системы

Более значимой проблемой является проблема веб-публикации пространственных данных и программных средств, относимых к общественному достоянию (англ. Public Domain), для которых во многих случаях содержание облачной инфраструктуры оказывается коммерчески не эффективным. Так, например, публикация пространственных данных, являющихся результатами мелко- и среднemasштабных научных проектов может оказаться затруднительной. В указанных случаях очевидна потребность в технологиях и средствах создания веб-ГИС, позволяющих обеспечить публикацию данных с минимальными финансовыми затратами и максимальной стабильностью доступа к опубликованным ресурсам (имеется в виду исключение ситуаций, когда закрытие по тем или иным причинам веб-ресурса, на котором произведена публикация, приводит к потере доступа к опубликованным материалам).

Вероятно, наиболее очевидным решением подобной проблемы может стать хорошо известный подход, заключающийся в использовании пиринговых сетей (от англ. Peer-to-Peer – равный к равному, одноранговый), позволяющий выстраивать высоконадёжные и высокостабильные децентрализованные системы, в которых информация дублируется на множестве узлов сети, что приводит к условно абсолютному исключению потери данных. При выходе из строя или отключении какого-либо узла, хранимая на нём информация может быть получена с других узлов. В ситуации, когда пиринговая сеть содержит достаточное количество узлов, которые распределены территориально, дополнительным полезным эффектом является повышение скорости обмена данными, за счёт возможности выбора географически близких источников для загрузки требуемых данных и возможности параллельной многопоточной загрузки сразу из нескольких источников.

Пиринговый подход, однако, не применяется в современных геоинформационных системах. Причиной этому, вероятно, является отсутствие решений, разработанных с учётом особенностей пространственных данных, и исторически запаздывающее развитие в области работы с пространственными данными FOSS-подхода (от англ. Free and Open Source Software – свободно распространяемое программное обеспечение с открытым исходным кодом), для которого наиболее органична пиринговая архитектура обмена данными.

Вместе с тем, вышеупомянутая концепция туманных вычислений, заключающаяся в расширении границы облака до сегмента пользовательских устройств, обладающих излишком вычислительных ресурсов, или, другими словами, в применении для хранения информационных ресурсов и проведения вычислений не только собственно облачной инфраструктуры, но и клиентских ресурсов, фактически реализует весьма схожий с пиринговой сетью подход. Устройства, составляющие туманный сегмент подобной информационной системы (Рис. 2) остаются функционально самостоятельными. Эти устройства, способны работать в автономном режиме и обмениваться данными напрямую, без использования дата-центра. Важно отметить, при этом, что туманный подход изначально рассматривается (в том числе его авторами) не как альтернатива облачному, но как дополнение последнего [Fernando et al., 2013; Hong et al., 2013]. Таким образом, туманная архитектура позволяет интегрировать, в ставшие привычными облачные системы, возможности распределённого хранения и обмена данными с использованием клиентских устройств, то есть, фактически реализовать пиринговую сеть в качестве надстройки над облачной информационной системой.

**Обсуждение.** При использовании туманной архитектуры, становится затруднительно допустить потерю или уничтожение однажды опубликованных в сети информационных ресурсов. Чем более востребован ресурс, тем на большем числе узлов он будет продублирован, пользователями, заинтересованными в его использовании. Параллельно, доступ к такому информационному ресурсу ускоряется и упрощается за счёт наличия множества источников загрузки. При этом, за счёт возможностей хранения ресурсов (данных и программных средств – исполняемых файлов) на клиентских устройствах и возможностей прямого обмена информацией между клиентскими устройствами, исключается необходимость передачи задач контроля и управления данными в облако, данные контролируются их авторами и пользователями. Возможности же использования высокопроизводительных облачных инфра-

структур, в случае необходимости, сохраняются, как и при использовании собственно облачной архитектуры.

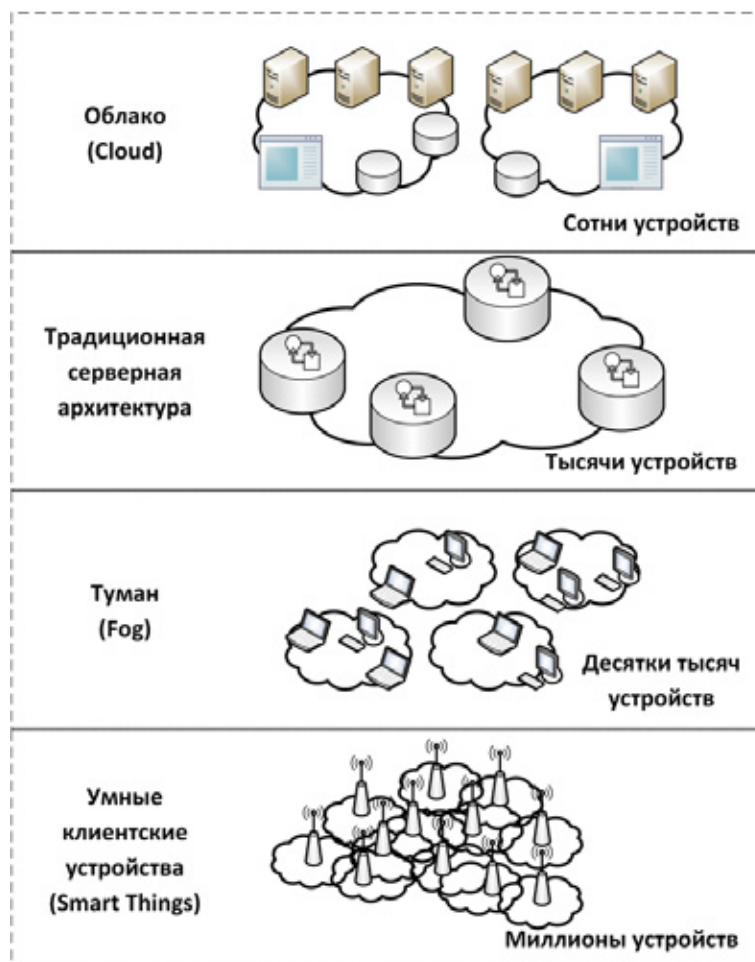


Рис. 2. Трёхуровневая модель туманной информационной системы

Необходимо отметить также, что другая, родственная, концепция – предложенная первоначально Кевином Эштоном [Ashton, 2009] концепция Интернета вещей (от англ. Internet of Things – IoT) уже внедряется при создании геоинформационных систем. Суть концепции Интернета вещей состоит в обеспечении возможностей сетевого межмашинного (англ. M2M – Machine-to-Machine) взаимодействия (в общем случае на основе веб-интерфейсов) «умных» (клиентских) устройств, в целях автоматизации решения тех или иных задач [Черняк, 2012; Greengard, 2015]. Под «умными» устройствами могут пониматься любые программно-аппаратные комплексы, способные функционировать в автоматическом режиме, однако, чаще всего упоминаются «умные» сенсоры (англ. Smart Sensors), то есть компактные датчики, способные осуществлять фиксацию параметров окружающей обстановки, или иной ситуации, и реагировать на происходящие изменения (например, записывая информацию). IoT-подход не просто внедряется в геоинформационных системах и решениях, но активно стандартизируется [OGC, 2007, 2008] Open Geospatial Consortium ([www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org)) занимающимся разработкой открытых международных стандартов в области работы с пространственными данными, для чего создана отдельная рабочая группа, получившая название SWE (Sensor Web Enablement Working Group – рабочая группа по внедрению веб-сенсоров – [www.opengeospatial.org/projects/groups/sensorwebdwg](http://www.opengeospatial.org/projects/groups/sensorwebdwg)).

В отличие от «умных» сенсоров, узлы туманной сети, в общем случае, обладают большими вычислительными ресурсами и способны не только собирать данные, но также хранить их и обрабатывать. Фактически, облачные системы, традиционная архитектура веб-ресурсов (основанная на использовании выделенных серверов), туманный сегмент и «умные» сенсоры, можно рассматривать как слои глобальной сети (рис. 3), характеризующиеся

различиями в вычислительной мощности и возможностями контроля со стороны пользователей. Очевидно, что при таком подходе, в ситуации, когда традиционная серверная, облачная и IoT-архитектура активно используются при решении задач создания ГИС и управления пространственными данными и активно стандартизируются; фактическое отсутствие разработок и стандартов в области применения туманной архитектуры в геоинформационных задачах, является явным технологическим пробелом.



**Рис. 3.** Четырёхуровневая модель Интернета вещей

Таким образом, оказывается затруднительным привести аргументы против внедрения туманных вычислений в веб-ГИС, имея в виду, что все традиционно применяемые подходы, и прежде всего облачная архитектура, не исключаются, а лишь дополняются новыми возможностями. Задача внедрения туманной архитектуры, однако, не может рассматриваться безотносительно совокупности технологий, реализующих эту архитектуру. Среди последних, ключевыми являются технологии организации распределённого хранения пространственных данных на множестве клиентских устройств и технологии обмена данными в Веб. Применительно к программным ресурсам, кроме того, необходимы технологии, реализующие возможность передачи приложений на клиентские устройства, то есть загрузку приложений по аналогии с архитектурой SaaS (англ. Software as a Service – программное обеспечение как услуга [Software & Information Industry Association, 2001]) из облачного хранилища, с сервера или из туманного хранилища, с возможностью дальнейшего запуска и исполнения локально на клиентском устройстве, в том числе в автономном режиме.

Как показывает опыт ранее выполненных с участием автора проектов в области работы с пространственными данными, наиболее глубоко и всесторонне (вплоть до стандартов OGC) разработаны технологии представления и передачи данных в веб-среде. В частности,

три базовых стандарта [OGC, 2000, 2002, 2003], WMS (Web Map Service – веб-сервис растровых карт), WFS (Web Feature Service – веб-сервис векторных данных) и WCS (Web Coverage Service – веб-сервис растровых покрытий), позволяют эффективно решать задачи передачи пространственных данных базовых типов. В данном направлении, однако, остаются проблемы, связанные с реализацией существующих подходов и стандартов в прикладном программном обеспечении, в частности, в программном обеспечении для веб-публикации данных. Так, на данный момент практически не разработаны программные средства, обеспечивающие публикацию данных в компактной форме, без развёртывания достаточно сложной серверной либо облачной программной инфраструктуры [Panidi et al., 2016].

Технологии передачи и запуска на клиентских устройствах геоинформационного программного обеспечения, также в целом остаются не разработанными, за исключением ряда исследовательских проектов. Однако, существующий стандарт OGC [OGC, 2015], регламентирующий архитектуру веб-сервисов для обработки пространственных данных на серверной стороне, WPS (Web Processing Service – веб-сервис обработки данных), может быть дополнен для обеспечения передачи приложений на клиентские устройства и запуска вычислений на клиентской стороне, с сохранением обратной совместимости таких расширенных сервисов [Panidi, 2014; Panidi et al., 2015; Kazakov et al., 2015].

Вместе с тем, технологии общего назначения, используемые при разработке современных веб-ресурсов и веб-приложений, не являясь стандартизированными для публикации ГИС-приложений, поддерживают ряд важных вспомогательных решений. Вероятно, наиболее важной, среди подобных опорных технологий, являются интегрированные средства обеспечения безопасного запуска приложений, полученных из сети. Например, технология Java Web Start ([www.oracle.com/technetwork/java/javase/javawebstart/index.html](http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/javawebstart/index.html)) позволяет запускать автоматически загружаемые из сети приложения на клиентском устройстве в безопасной среде исполнения [Паниди, Ефимов, 2015]. При этом, приложения должны быть разработаны на языке программирования Java ([www.java.com](http://www.java.com)), что может быть не всегда приемлемо.

С учётом последней особенности, весьма перспективной для создания переносимых ГИС-приложений выглядит технология контейнеров, и в частности, такие её программные реализации, как Docker ([www.docker.com](http://www.docker.com)) и Rocket ([www.coreos.com/blog/rocket/](http://www.coreos.com/blog/rocket/)). Данная технология позволяет передавать на клиентское устройство приложение вместе со всеми зависимостями (зависимыми файлами) и выполнять запуск загруженного из сети приложения в изолированной (то есть безопасной) среде. Важным отличием от технологии Java Web Start, решающей аналогичные задачи, является возможность создания приложений на любых языках программирования.

Наконец, технологии распределённого хранения (со множественным дублированием) пространственных данных в туманной инфраструктуре на текущий момент не разработаны. Этот блок опорных технологий туманных ГИС требует наибольшего внимания с точки зрения исследований. Вероятно, в качестве базовой технологии общего назначения, для решения задачи хранения данных может быть применена архитектура Torrent, используемая в файлообменных сетях и позволяющая хранить файлы в форме множества копий, распределённых по различным узлам сети (рассматривая при этом совокупность копий каждого файла как единое целое и задавая таким файлам единые уникальные сетевые адреса), а также передавать их напрямую, между клиентскими устройствами. Данная технология адаптирована для веб-среды. Программная платформа с открытым исходным кодом WebTorrent ([www.webtorrent.io](http://www.webtorrent.io)) построена на базе технологии WebRTC (англ. Real-Time Communications – коммуникации в реальном времени). Последняя, в свою очередь, обеспечивает возможность прямого обмена данными между клиентскими устройствами (между двумя веб-браузерами) без использования сервера или дополнительного программного обеспечения ([www.webrtc.org](http://www.webrtc.org)).

**Выводы.** Обобщая материалы, приведённые в статье, необходимо отметить, что разработка опорных технологий для создания туманных информационных систем, и в частности туманных ГИС, является перспективным направлением формирования глобальной распределённой инфраструктуры пространственных данных.

Наибольшая потребность во внедрении туманных технологий в ГИС-решениях, по мнению автора, существует в FOSS-сегменте геоинформационной индустрии и науки. В данном сегменте важной задачей является обеспечение такого способа веб-публикации информационных ресурсов, при котором контроль над опубликованными ресурсами сохраняется у FOSS-сообщества, в том числе, у авторов и пользователей ресурсов, что может быть реализовано с использованием туманной архитектуры.

На текущем этапе, важно обеспечить дискуссию в профессиональном сообществе, которая позволит выявить существующие потребности в туманных решениях и определить основные направления исследований и разработки в данной области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Паниди Е.А., Ефимов Д.С.* Использование вычислений на стороне клиента при создании веб-сервисов обработки пространственных данных, на примере технологии Java Web Start // ИнтерКарто/ИнтерГИС-21. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: материалы Международной научной конференции – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2015. С. 485–491.
2. *Черняк Л.* Платформа Интернета вещей // Открытые системы, № 07, 2012. С. 44–45.
3. *Ashton K.* That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal, 22 June 2009. Available at: [www.rfidjournal.com/article/print/4986](http://www.rfidjournal.com/article/print/4986).
4. *Bonomi F., Milito R., Zhu J., Addepalli S.* Fog Computing and Its Role in the Internet of Things. Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing, 2012, pp. 13–16. doi:10.1145/2342509.2342512.
5. *Buyya R., Broberg J., Goscinski A.* (eds.) Cloud Computing: Principles and Paradigms. John Wiley & Sons Inc., 2011, 637 p. doi:10.1002/9780470940105.fmatter.
6. *Fernando N., Loke S.W., Rahayu W.* Mobile cloud computing: A survey. Future Generation Computer Systems, Vol. 29, Issue 1, 2013, pp. 84–106. doi:10.1016/j.future.2012.05.023.
7. *Greengard S.* The Internet of Things. The MIT Press Essential Knowledge series, The MIT Press, 2015, 232 p.
8. *Hong K., Lillethun D., Ramachandran U., Ottenwalder B., Koldehofe B.* Mobile fog: a programming model for large-scale applications on the internet of things. Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Mobile cloud computing, 16 August 2013, Hong Kong, China, 2013, pp. 15–20. doi:10.1145/2491266.2491270.
9. *OGC OpenGIS Web Map Server Interface Implementation Specification.* OpenGIS Project Document 00-028. Version 1.0.0, 2000, 45 p.
10. *OGC Sensor Web Enablement Architecture.* Best Practice document 06-021r4, Version: 0.4.0, 2008, 72 p.
11. *OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture.* OpenGIS White Paper OGC 07-165, Version: 3, 2007, 14 p.
12. *OGC Web Coverage Services (WCS).* OGC 03-065r6. Version 1.0.0, 2003, 101 p.
13. *OGC Web Feature Service Implementation Specification.* OGC 02-058. Version 1.0.0, 2002, 105 p.
14. *OGC WPS 2.0 Interface Standard.* OGC Implementation Standard. OGC 14-065. Version 2.0, 2015, 133 p.
15. *Kazakov E., Terekhov A., Kapralov E., Panidi E.* WPS-based technology for client-side remote sensing data processing. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-7, Issue W3, 2015, pp. 643-649. doi:10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-643-2015.
16. *Panidi E.A.* Towards Client-Side Web Processing Services. Proceedings of OSGeo's European Conference on Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G-Europe 2014) July 15–17 2014 Jacobs University, Bremen, Germany, 4 p. Issued online. Available at: <http://europe.foss4g.org/2014/content/toward-client-side-web-processing-services.html>.

17. Panidi E., Kazakov E., Kapralov E., Terekhov A. Hybrid geoprocessing Web services. SGEM2015 Conference Proceedings, Book 2, Vol. 1, 2015, pp. 669-676. doi: 10.5593/SGEM2015/B21/S8.084.

18. Panidi E., Terekhov A., Mukhamedzhanov M. Implementation Ways for Web Coverage Service Standard. In International Scientific Conference Geobalcanica Proceedings, 2016. (In Press, 8 p.).

19. Software & Information Industry Association. Software as a Service: Strategic Backgrounder. Washington, D.C., USA, 2001.

---

E.A. Panidi<sup>1</sup>

## TOWARDS IMPLEMENTATION OF THE FOG COMPUTING CONCEPT INTO THE GEOSPATIAL DATA INFRASTRUCTURES

**Abstract.** *The information technologies and Global Network technologies in particular are developing very quickly. According to this, the problem remains actual that incorporates implementation issues for the general-purpose technologies into the information systems which operate with geospatial data. The paper discusses the implementation feasibility for a number of new approaches and concepts that solve the problems of spatial data publish and management on the Global Network. A brief review describes some contemporary concepts and technologies used for distributed data storage and management, which provide combined use of server-side and client-side resources. In particular, the concepts of Cloud Computing, Fog Computing, and Internet of Things, also with Java Web Start, WebRTC and WebTorrent technologies are mentioned. The author's experience is described briefly, which incorporates the number of projects devoted to the development of the portable solutions for geospatial data and GIS software publication on the Global Network.*

**Key words:** *Geospatial Data, Web Geoservices, Web GIS, Cloud Computing, Fog Computing.*

### REFERENCES

1. Panidi E.A., Efimov D.S. Ispol'zovanie vychislenii na storone klienta pri sozdanii veb-servisov obrabotki prostranstvennykh dannykh, na primere tekhnologii Java Web Start [Using of the Client-Side Computations When Implementing Web Services for Spatial Data Processing, the Case Study of Java Web Start Technology]. InterCarto/InterGIS-21 Sustainable development of territories: Cartography and GI Support, Proceeding of the International Conference, Krasnodar, Kubanskii Gosudarstvennyi Universitet, 2015. Pp. 485–491. (In Russian).

2. Chernyak L. Platforma Interneta veshchei [The Platform of the Internet of Things]. Otkrytye sistemy, Vol. 07. 2012. Pp. 44–45. (In Russian).

3. Ashton K. That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal, 22 June 2009. Available at: [www.rfidjournal.com/article/print/4986](http://www.rfidjournal.com/article/print/4986).

4. Bonomi F., Mito R., Zhu J., Addepalli S. Fog Computing and Its Role in the Internet of Things. Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing, 2012, pp. 13–16. doi:10.1145/2342509.2342512.

5. Buyya R., Broberg J., Goscinski A. (eds.) Cloud Computing: Principles and Paradigms. John Wiley & Sons Inc., 2011, 637 p. doi:10.1002/9780470940105.fmatter.

6. Fernando N., Loke S.W., Rahayu W. Mobile cloud computing: A survey. Future Generation Computer Systems, Vol. 29, Issue 1, 2013, pp. 84–106. doi:10.1016/j.future.2012.05.023.

7. Greengard S. The Internet of Things. The MIT Press Essential Knowledge series, The MIT Press, 2015, 232 p.

---

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, St. Petersburg, 199178, Russia, PhD, e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru.



8. Hong K., Lillethun D., Ramachandran U., Ottenwälder B., Koldehofe B. Mobile fog: a programming model for large-scale applications on the internet of things. Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Mobile cloud computing, 16 August 2013, Hong Kong, China, 2013, pp. 15–20. doi:10.1145/2491266.2491270.
  9. OGC OpenGIS Web Map Server Interface Implementation Specification. OpenGIS Project Document 00-028. Version 1.0.0, 2000, 45 p.
  10. OGC Sensor Web Enablement Architecture. Best Practice document 06-021r4, Version: 0.4.0, 2008, 72 p.
  11. OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture. OpenGIS White Paper OGC 07-165, Version: 3, 2007, 14 p.
  12. OGC Web Coverage Services (WCS). OGC 03-065r6. Version 1.0.0, 2003, 101 p.
  13. OGC Web Feature Service Implementation Specification. OGC 02-058. Version 1.0.0, 2002, 105 p.
  14. OGC WPS 2.0 Interface Standard. OGC Implementation Standard. OGC 14-065. Version 2.0, 2015, 133 p.
  15. Kazakov E., Terekhov A., Kapralov E., Panidi E. WPS-based technology for client-side remote sensing data processing. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-7, Issue W3, 2015, pp. 643-649. doi:10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-643-2015.
  16. Panidi E.A. Towards Client-Side Web Processing Services. Proceedings of OSGeo's European Conference on Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G-Europe 2014) July 15–17 2014 Jacobs University, Bremen, Germany, 4 p. Issued online. Available at: <http://europe.foss4g.org/2014/content/toward-client-side-web-processing-services.html>.
  17. Panidi E., Kazakov E., Kapralov E., Terekhov A. Hybrid geoprocessing Web services. SGEM2015 Conference Proceedings, Book 2, Vol. 1, 2015, pp. 669–676. doi: 10.5593/SGEM2015/B21/S8.084.
  18. Panidi E., Terekhov A., Mukhamedzyanov M. Implementation Ways for Web Coverage Service Standard. In International Scientific Conference Geobalkanica Proceedings, 2016. (In Press, 8 p.).
  19. Software & Information Industry Association. Software as a Service: Strategic Backgrounder. Washington, D.C., USA, 2001.
- 

УДК 004:528.9

Р.К. Махмудов<sup>1</sup>, О.А. Гальфингер<sup>2</sup>

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

**Резюме.** В статье рассматривается применение ГИС-технологий для изучения социально-демографического развития стран Центральной Азии. Авторами проведен анализ пространственного распределения статистических показателей на основе созданной серии тематических карт.

**Ключевые слова:** геоинформационный анализ, социальное картографирование, геодемография, Центральная Азия.

**Введение.** Геополитический регион Центральной Азии представляет собой обширную территорию, расположенную в центральной части Евразии. Согласно общепринятому представлению, регион состоит из следующих государств: Казахстан, Кыргызстан, Узбеки-

---

<sup>1</sup> Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия; e-mail: rakimkam@mail.ru.

<sup>2</sup> Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия; e-mail: galfinger.olia2011@yandex.ru.