

Высокоточный мониторинг эпидемической обстановки с помощью 3D-модели населённого пункта

Ерёмченко Е.Н.^{*1} | Вылегжанин С.А.² | Фетищев А.А.³

¹Московский государственный университет имени Ломоносова, Москва, Россия, eugene.eremchenko@gmail.com

²МРУ №174 ФМБА России, Протвино, Россия, cgsen174@mail.ru

³Центр госсанэпиднадзора № 174, Протвино, Россия, alex-f100@mail.ru

Аннотация

В работе рассматриваются подходы к изучению медико-экологической ситуации в небольшом населённом пункте России, наукограде Протвино, с высоким пространственным и временным разрешениями с помощью 3D-модели города с использованием методологии Цифровой Земли.

Ключевые слова

Медико-экологическая ситуация, мониторинг, Цифровая Земля, неogeография, 3D-модель.

High-precision monitoring of the epidemic situation with the help of 3D-model of the settlement

Eremchenko E.N.^{*1} | Vylegzhanin S.A.² | Fetishev A.A.³

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, eugene.eremchenko@gmail.com

²MRU №174 FMBA, Protvino, Russia, cgsen174@mail.ru

³Rospotrebnadzor Center № 174, Protvino, Russia, alex-f100@mail.ru

Abstract

The paper considers approaches to the study of medical and environmental situation in a small settlement of Russia, the science city of Protvino, with high spatial and temporal resolutions using a 3D model of the city using the methodology of Digital Earth.

Keywords

Medical and environmental situation, monitoring, Digital Earth, neogeography, 3D model.

Введение

Объективная оценка медико-экологической ситуации относится к числу задач высокой актуальности и важности, однако попытки её удовлетворительного решения сталкиваются с целым рядом препятствий – начиная от общенаучных (отсутствие удовлетворительных дефиниций базовых понятий – таких, как «здоровье» и «болезнь») и заканчивая прикладными, технологическими (сложность формирования исчерпывающего перечня факторов, обуславливающих здоровье населения, и их учёта, трудности обеспечения полноты и целостности используемой в анализе контекстной информации, и т.д.) и социальными (проблемы сбора и интерпретации данных и результатов). В особенности это относится к урбанизированным территориям с относительно высокой плотностью населения

¹ Corresponding author

и высоким уровнем развития промышленности и транспортной инфраструктуры, в существенной степени определяющих экологическую ситуацию. При этом безусловная важность самой задачи представляется очевидной.

В этих условиях важное значение приобретает сбор и консолидация эмпирического материала, позволяющего оценить медико-экологическую ситуацию, а также пространственную и временную динамики наблюдающихся процессов. Важность эмпирического материала такого рода неоспорима и самоочевидна, и он давно и широко используется на практике. Наиболее естественной мерой медико-экологической обстановки может считаться инфекционно-эпидемическая обстановка и её динамика. Однако для анализа эмпирического материала, характеризующего инфекционно-эпидемическую обстановку, определяющую роль играет такой параметр информации, как её разрешение – в частности, пространственное и временное разрешения. В то же время, достижение высокого пространственного и временного разрешения является серьёзным вызовом вследствие отсутствия геопространственного контекста требуемой для анализа информации точности и детальности, а также сложности локализации данных – как правило, первичный эмпирический материал представляется в генерализованном виде, значительно снижающем его информативность и порождающем аберрации восприятия обстановки.

В наукограде Протвино Московской области был проведен эксперимент по представлению данных о мониторинге социальных процессов – и, в частности, инфекционной заболеваемости – с предельно высоким пространственным (до квартиры) и временным (до суток) разрешениями. В данной работе, первой из цикла запланированных публикаций, приводится общая информация о методическом обеспечении работ и о собранном массиве данных.

3D-модель Протвино

Наукоград Протвино населением около 35 тыс. человек был основан в 1960 году, а в 1989 году получил статус города. Он расположен в Серпуховском районе Московской области, на удалении примерно 100 км к югу от Москвы вблизи места впадения реки Протва в Оку и на стыке административных границ Московской, Калужской и Тульской областей (рис. 1). Город имеет высококачественную и новую инфраструктуру, большинство жителей проживает в многоэтажных жилых зданиях типовых проектов, в то время как районы

малоэтажной застройки отсутствуют. После завершения активной фазы строительства города в 1980-е гг. городская застройка изменялась в незначительной степени. Градообразующим предприятием города является крупный научно-исследовательский институт, значительные по масштабам производства промышленные предприятия отсутствуют, что благотворно сказывается на экологической обстановке. жизнедеятельность города поддерживается развитой сетью автодорог, надёжным водо- и энергообеспечением. В то же время пассажирское железнодорожное сообщение отсутствует, что в значительной степени снижает миграционную нагрузку и способствует относительной стабильности городского населения во времени и в пространстве. Вышеперечисленные факторы делают Протвино удобным полигоном для изучения динамики социальных процессов, поскольку существенно снижают воздействие побочных факторов, осложняющих получение и особенно интерпретацию полученных результатов.

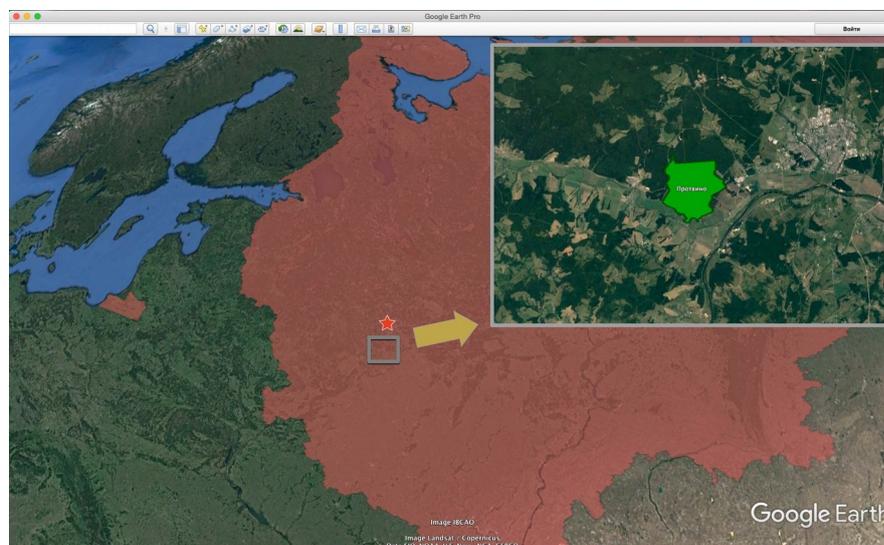


Рис. 1. Местоположение г. Протвино

Протвино стал первым городом в России, для которого была создана на базе ранее выполненной средствами ГИС 3D-модели города (Ерёмченко, Гречищев, 2005) высокоточная открытая 3D-модель зданий и сооружений селитебной зоны в формате KML/KMZ, изначально предназначенная для использования в системах класса «Цифровая Земля» (Токарев, Ерёмченко, 2009; Володченко и др., 2015). Впервые она была представлена в среде Google Earth в 2007 году и на протяжении последующего десятилетия последовательно совершенствовалась (рис. 2). В настоящее время она включает в свой состав высокоточные модели более чем полутора сотен зданий и сооружений, до половины

из которых выполнены в режиме полной фотовизуализации с использованием реальных фотографических изображений (рис. 3). Трёхмерные модели зданий создавались в редакторе SketchUp, интегрированном в Google Earth и позволяющем строить модели непосредственно в их геопространственном контексте.

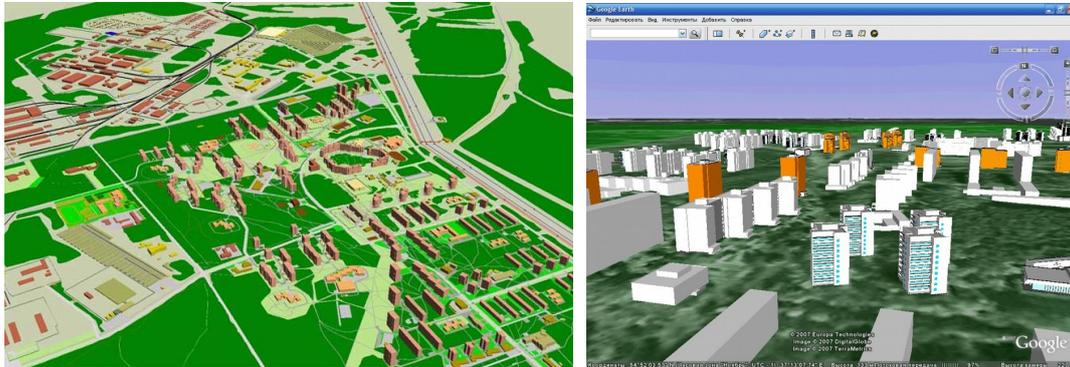


Рис. 2 (а, б). Слева направо – 3D-модель г. Протвино на разных этапах её развития. а) ГИС-модель (2005 г.); б) первая версия 3D-модели, выполненная в Google Earth (2007 г.)

Набор данных выполнен в гетерогенной (mash-up) архитектуре и содержит, помимо стандартных покрытий космическими снимками сверхвысокого разрешения и модели рельефа, также векторные слои, локализованные в пространстве и во времени изображения и панорамы.



Рис. 3 (а, б). Фотореалистичная визуализация текущей (2016 г.) 3D-модели г. Протвино в разное время суток.

Такой массив данных может использоваться для точной локализации в пространстве и

во времени обычно трудно локализуемых событий, относящихся к социальным процессам – таких, как правонарушения, активность различных социальных страт и групп, инфекционная и соматическая заболеваемость, субъективно определяемое качество жизни, и т.д.

Особенности и назначение пространственно-временного мониторинга

Изучение пространственной и временной динамики любых процессов вообще и социальных процессов в частности является фундаментальным методом изучения их природы. К настоящему времени методика изучения динамики процессов в геопространстве с помощью средств классической картографии доведена до совершенства (рис. 4). Разумеется, такой подход, наряду с очевидными достоинствами, имеет и недостатки, обусловленные самой природой метода (Тикунов, Ерёмченко, 2015). К ним относятся:

- 1) необратимая редукция исходных массивов данных при генерализации;
- 2) систематические ошибки в интерпретации генерализованной информации;
- 3) невозможность совместного представления разномасштабных данных;
- 4) невозможность использования трёхмерного представления информации при изучении процессов, протекающих в современной урбанизированной среде.



Рис. 4 (а, б, в). Пространственная и временная визуализация эпидемической обстановки на карте с использованием метода генерализации.

Появление Цифровой Земли как нового метода работы с геопространственной информацией (Gore, 1998) позволило создавать единые, внемасштабные наборы данных и тем самым устранить проблемы несовместимости друг с другом разномасштабных моделей (рис. 5). Тем самым появилась возможность бесшовной интеграции данных сколь угодно высокой точности в региональные, общегосударственные, континентальные и глобальные модели, что позволяет перейти к новому этапу изучения социальных процессов.

В данном исследовании рассматривалась частная задача изучения возможностей консолидации, визуализации высокоточной трёхмерной информации о социальных процессах (на примере информации об эпидемических процессах), её интерпретации и

пространственно-временного анализа в современной городской среде. Следует отметить, что представление информации об эпидемических процессах с высокой точностью само по себе имеет длительную историю (Barford, Dorling, 2016), однако прежде информация представлялась с помощью классических географических карт, была изолирована от общегеографического контекста и не допускала консолидации. Не была также удовлетворительно решена проблема представления данных об эпидемических процессах, протекающих в современных многоэтажных жилых зданиях.

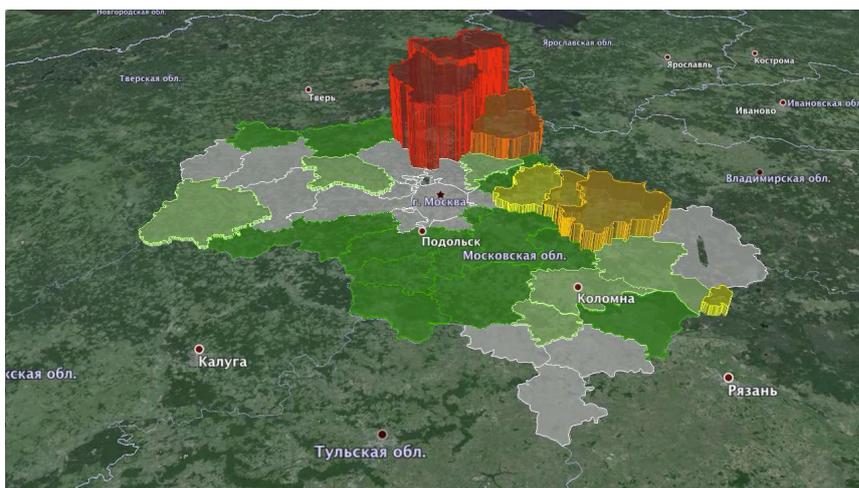


Рис. 5. Визуализация обстановки с использованием интерфейса класса «Цифровая Земля» (Google Earth)

В данном проекте разрешение и характер использования исходной информации определялись точностью исходных данных и их локализацией – адресом проживания заболевшего и датой регистрации заболевания. Разумеется, приурочивание эпидемического события в городе лишь к месту проживания заболевшего допустимо лишь в качестве первого приближения. Для полного анализа необходим учёт также мест, которые каждый житель посещает регулярно или периодически (места работы и учёбы, предприятия торговли, транспортные узлы, и т.д.), их перемещения в городской среде и в целом в пространстве. В настоящее время, однако, возможности сбора столь полной информации о социальных процессах даже в небольших населённых пунктах ограничены техническими и организационными сложностями.

В рамках данного исследования была предпринята попытка идентифицировать места заболеваний по квартирам в многоэтажных жилых зданиях г. Протвино – в виде слоя 3D-точек, соответствующих местоположению квартир в трёхмерном пространстве (рис. 6, а – г).

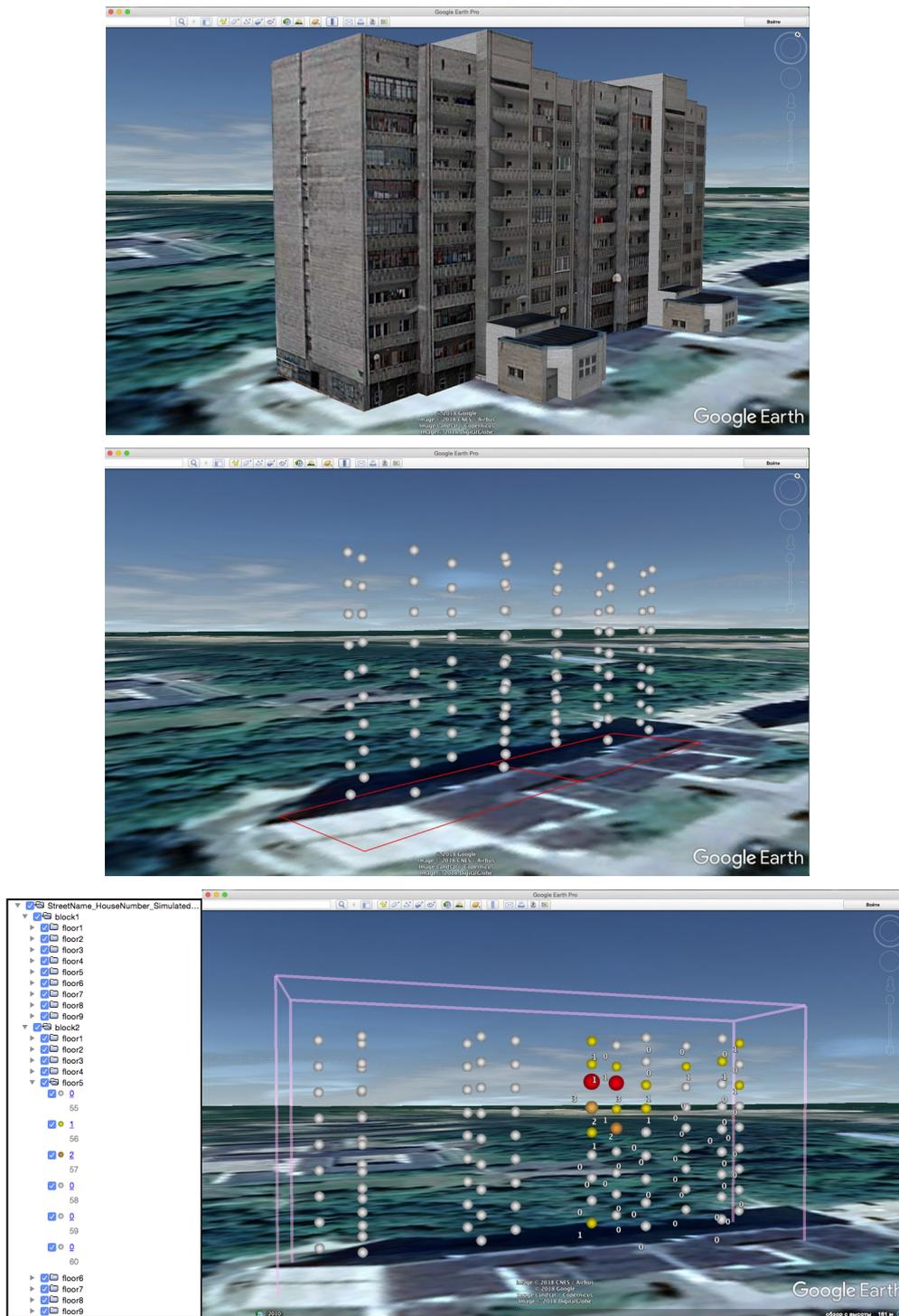


Рис. 6 (а, б, в, г). Сверху вниз: а) визуализация типового многоэтажного жилого здания в г. Протвино с использованием фотовизуализации; б) визуальная 3D-модель расположения квартир в жилом здании; в) структура KML-файла с 3D-маркерами квартир; г) визуализация заболеваемости в здании (сгенерированное изображение).

Подобный режим позволяет оптимально использовать возможности визуальной аналитики и выявить (в случае их наличия) нетипичные паттерны в пространственной и временной

динамике событий, позволяющие сформулировать необходимую для дальнейших исследований модель события (Ерёмченко, Клименко, 2016). Точечный слой в формате KML был создан непосредственно в Google Earth, визуализация требуемого показателя или показателей может осуществляться варьированием цвета и размера маркера, а также посредством численного индекса, характеризующего какой-либо скалярный параметр. Следует отметить, что формат KML/KMZ позволяет при необходимости отображать значения не только скалярной природы, но и иные – например, векторные значения. В данном исследовании задача визуализации нескаларных показателей не ставилась, однако она может при необходимости быть поставлена в дальнейшем.

Особенности и назначение пространственно-временного мониторинга

Собранный на протяжении 2006-2011 гг. массив данных об эпидемических событиях, происходивших в г. Протвино, содержит около 4 тыс. событий и позволяет локализовать их в пространстве с точностью до квартиры, в которой проживает больной. В сочетании с имеющейся 3D-моделью зданий и сооружений города это соответствует позволяет пространственной точности локализации не хуже 10-15 м в плане и не хуже 3-4 м по высоте. Локализация события во времени осуществляется с точностью до суток по времени регистрации события, либо с заведомо худшей точностью – по восстановленной дате заболевания.

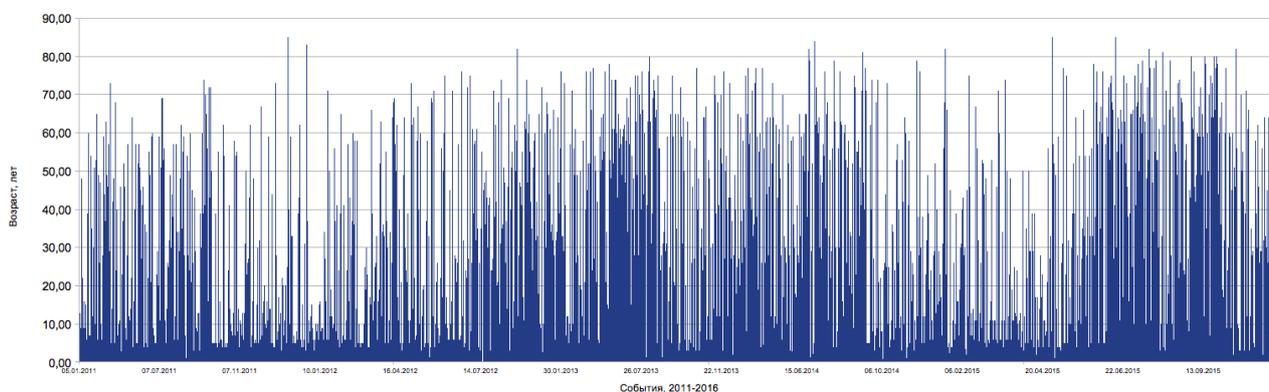


Рис. 7. Визуальное представление массива данных; по оси абсцисс – порядковый номер записи о событии, по оси ординат – возраст заболевшего.

На рис. 7 представлен общий массив данных, расположенных в порядке возрастания порядкового номера записи и отображающего возраст заболевшего. Возрастная гистограмма исследуемой выборки представлена на рис. 8. Заметны характерные изменения

доминирующих возрастных групп. Отмеченные вариации до некоторой степени объясняются календарными факторами. Наличие либо отсутствие иных факторов, систематически влияющих на заболеваемость инфекционными болезнями, требует дальнейших исследований. В этом отношении видится особенно продуктивным корреляционный анализ систематических изменений в заболеваемости в различных населённых пунктах, а также совместный анализ разнородных (в частности и в первую очередь, социальных) процессов в г. Протвино.

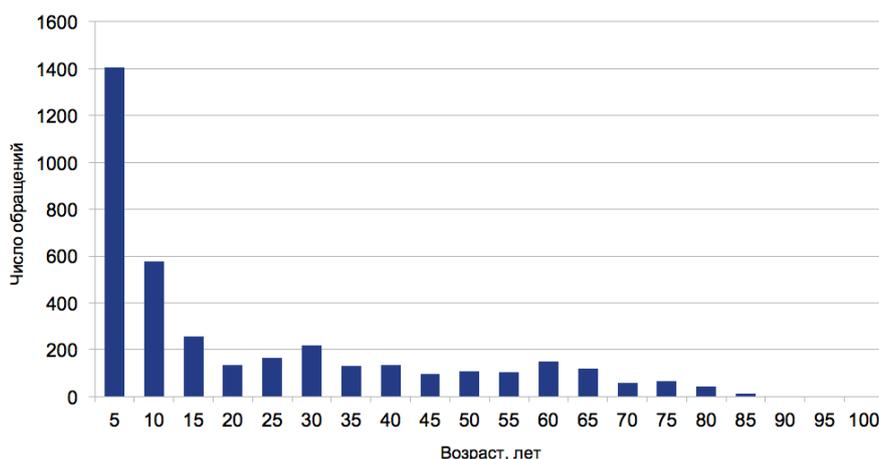


Рис. 8. Гистограмма возраста заболевших.

Заключение

Результаты выполненного исследования будут представлены в последующих публикациях. Его особенностью является использование Цифровой Земли в качестве среды интеграции и данные и представления их результатов, что позволит в перспективе создать единый внемасштабный набор данных любого охвата, вплоть до глобального.

Благодарности

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №18-05-00236.

Список литературы

- Володченко А.С., Ерёмченко Е.Н., Клименко С.В., Токарев С.К. (2015) 2005-2015. *История развития 3D-модели Протвино*. Научград: наука, производство, общество, том 3, № 1, с. 20-25.
- Ерёмченко Е., Гречищев А. (2005) *Новый подход к созданию ГИС для небольших муниципальных образований*. ArcReview. 2005. №2 (32). Стр. 12-18.
- Ерёмченко Е.Н., Клименко С.В. (2016) *Визуальная аналитика: теория и практика*. В сборнике Международная научная конференция "Ситуационные центры и ИАС4i для мониторинга и безопасности" SCVRT1516, 2016, ИФТИ Протвино, с. 113-124.
- Тикунов В.С., Ерёмченко Е.Н. (2015) *Цифровая Земля и картография*. Геодезия и картография. № 11. С. 6-15.
- Токарев С.К., Ерёмченко Е.Н. (2009) *Цифровое Протвино – некоторые особенности развития проекта*. В сборнике: Высокие технологии - стратегия XXI века материалы конференции X Юбилейного Международного форума. 2009. С. 439-441.
- Barford A., Dorling D. (2016) *Mapping Disease Patterns*. Wiley StatsRef: Statistics Reference Online, John Wiley & Sons, Ltd. DOI: 10.1002/9781118445112.stat06102.pub2
- Gore A. (1998) *The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century*. Al Gore speech at California Science Center, Los Angeles, California, on January 31, 1998.