

**М.В. Пасхина**

### **Пространственный анализ в ГИС-системах: сущность, направления, возможности (Часть I)**

Карта всегда была не просто отражением ситуации на бумаге, а инструментом анализа. В XXI веке, по мере развития ГИС-технологий, появляются все новые возможности для исследований. В статье дано описание возможностей пространственного анализа по разновременным картографическим источникам.

**Ключевые слова:** пространственный анализ, пространственная однородность и неоднородность, автокорреляция, эффект масштаба, экологическая ошибка.

**M.V. Paskhina**

### **The Spatial Analysis in GIS-SYSTEMS: Essence, Directions, Possibilities (the Part I)**

Map has always been not simply a reflection of the situation on paper, but a tool of analysis. In the XXI century, with the development of GIS-technology, there are new opportunities for research. The article describes the capabilities of spatial analysis in multitemporal cartographic sources.

**Key words:** Spatial analysis, spatial homogeneity and heterogeneity, autocorrelation, scale, environmental error.

Как инструмент, ГИС хорошо подходит для хранения и управления большими объемами пространственной информации. Но для исследователя важно, чтобы она стала понятной, и ее можно было бы использовать в различных целях.

Геометрические примитивы отображения и особенности ввода атрибутивной информации в ГИС обуславливают в большей степени количественный анализ. ГИС – это технология, базирующаяся на математической основе (как в виде картографических источников, так и языка программирования, кодирующего вводимую информацию). Это накладывает серьезные ограничения для «качественного» анализа, хотя, например, историческая составляющая предоставляет в большей степени материал для качественных оценок.

Координатная система – это основа количественного анализа, и в то же время – это базовая составляющая ГИС. Таким образом, изначально ГИС – это инструмент количественных подсчетов. Координаты позволяют однозначно определить местоположение объектов и применить к ним все варианты математической обработки, возможные для геометрических примитивов, которые и задаются в информационном пространстве парами координат. Однако в то же время эта пара чисел (x,y) позволяет «качественным свой-

ствам приобрести количественную составляющую».

Есть три распространенных подхода к пространственному анализу. Первый заключается в том, чтобы упрощать данные карты. Не всегда удобна излишняя подробность, и порой имеет смысл «слить» данные для получения более ярких очертаний наблюдаемых эффектов в общую картину действия.

Так, например, целесообразнее поступить при наличии «точечных» данных о заболеваемости. Отдельные группы «крапинок» на карте не очень заметны, а вот ареалы распространения болезни выглядят более наглядно.

Второй подход заинтересован в выяснении факта случайности: когда анализ карты заключается в том, чтобы доказать, что либо наблюдаемое явление представляет собой закономерность, либо перед нами случайные факты. Наконец, третий вариант связан с поиском причинно-следственных связей одних факторов от других.

Традиционно ГИС сосредотачивается на статистических данных. Однако ошибочно думать, что количественный пространственный анализ полезен только для количественных исследований статистического плана. Любое исследование может перевести как количественные показатели в качественные характеристики (например, гра-

дация классов загрязнения воды по количественным показателям индексов загрязнения), так и качественные данные в цифровую форму.

Необходимо отметить, что пространственный анализ не требует ГИС. На практике он предшествует созданию ГИС. Прежде, чем использование ГИС стало столь распространенным во многих областях, пространственный анализ включал в себя три направления:

1) Исследование изменений объектов в пространстве;

2) Изучение пространственно-временных закономерностей;

3) Пространственный прогноз, который предлагает варианты развития ситуации.

К определению *пространственного анализа* можно подходить с разных сторон. В самом узком смысле данный термин в нашем случае – это набор процедур и методов анализа данных объектов, локализованных в пространстве. В более широком понимании, *пространственный анализ* определяют как подход исследует пространственные закономерности объектов, пространственно-временное развитие сложных пространственных систем.

В зарубежной литературе [1] разные подходы к пониманию пространственного анализа нашли отражение в изучении его в двухуровневом формате. На более низком уровне его ассоциируют с пространственным статистическим анализом, который состоит из методов статистической обработки данных в координатном пространстве. Он является частью более обширной области собственно пространственного анализа, который заинтересован в получении сведений о пространственных и пространственно-временных явлениях или процессах при использовании количественных методов оценки.

Главная цель пространственного анализа – лучшее понимание пространственных скоплений явлений и их пространственных отношений. Пространственные статистические исследования – подходы, которые используют статистические методы, чтобы определить, показывают ли данные то же самое поведение, что и статистические модели [2].

Можно было бы предположить, что любой статистический анализ, выполненный географами, будет представлять собой пространственный анализ [1]. Однако это серьезное заблуждение. Большинство статистических методов сосредотачиваются на данных, но игнорируют их местоположение, в результате чего не могут быть ис-

пользованы в ГИС по ряду причин. Во-первых, значительная часть методов производит глобальную оценку данных области исследования. В результате чего появляется такое явление, как *пространственная однородность*, что не всегда оправдано. Пространственный анализ как раз должен учитывать возможные изменения процессов и явлений. Из-за этой необходимости появилась новая группа методов, которая принимает во внимание характер местоположения объектов, исследуя, таким образом, *пространственную неоднородность*. Во-вторых, на более практическом уровне природа большей части самих данных зачастую не подходит для стандартных вариантов статистического анализа. И для этого есть три причины: пространственные зависимости, проблема изменения результатов при изменении масштаба рассмотрения проблемы, экологическая ошибка.

Многие статистические методы предполагают, что наблюдения при исследовании независимо случайны, другими словами, что каждое наблюдение не будет затрагивать или затрагиваться любым другим наблюдением. Использование этих методов по отношению к географическим данным недопустимо. Это – и проблема и возможность одновременно. Проблема, потому что это лишает законной силы многие распространенные статистические методы. А возможность, потому что влияние, которое одно место оказывает на соседние, является вопросом, которым как раз и интересуются люди, использующие ГИС. Эти методы обычно проверяются посредством *пространственной автокорреляции*, то есть степени, до которой наблюдения в наборе данных коррелируют с другими наблюдениями в том же самом наборе данных [1].

*Эффект масштаба* показывает, что с объединением данных они становятся все более и более усредненными. Для примера возьмем две области, для которых нам известны средние показатели заработной платы. В результате подсчетов оказалось, что среднестатистические показатели у них совпадают. Однако общей картины социального положения населения этих областей нам это не дает. При более детальном рассмотрении показателей вполне вероятным может оказаться тот факт, что для одной области характерен минимальный разрыв крайних показателей, а для другой градация «богатые – бедные» выражается довольно выразительными цифрами.

*Эффект скопления, или эффект зонирования*, возникает в процессе размышлений «как объеди-

нить?». Можно объединять те же области по сходным показателям, либо, наоборот, для нивелировки ситуации, по равноудаленности и т. д.

Экологическая ошибка связана с различием между общими закономерностями и найденными на индивидуальном уровне. Требуются довольно веские доказательства, чтобы «переложить» найденные закономерности с группы на объект, либо в обратном направлении.

Основанный на ГИС пространственный анализ открывает новые подходы к пониманию пространственной неоднородности и пространственным зависимостям, которые могут сделать пространственный анализ намного более богатым источником информации. Рассмотренные эффект масштаба и экологическая ошибка ка-

жутся, на первый взгляд, довольно тяжелыми в плане преодоления, но они должны расцениваться как фундаментальные ограничения исходных данных, которые требуют качественной интерпретации, а не количественных подсчетов [1].

В зарубежной литературе [1, 2] можно встретить несколько основных направлений пространственного анализа, сопряженных с геометрической формой отображения реалий: анализ изменений точечных объектов, полигонов и линейных структур. Далее мы попытаемся кратко рассмотреть возможные варианты исследования в рамках этих направлений на примере одной территории.

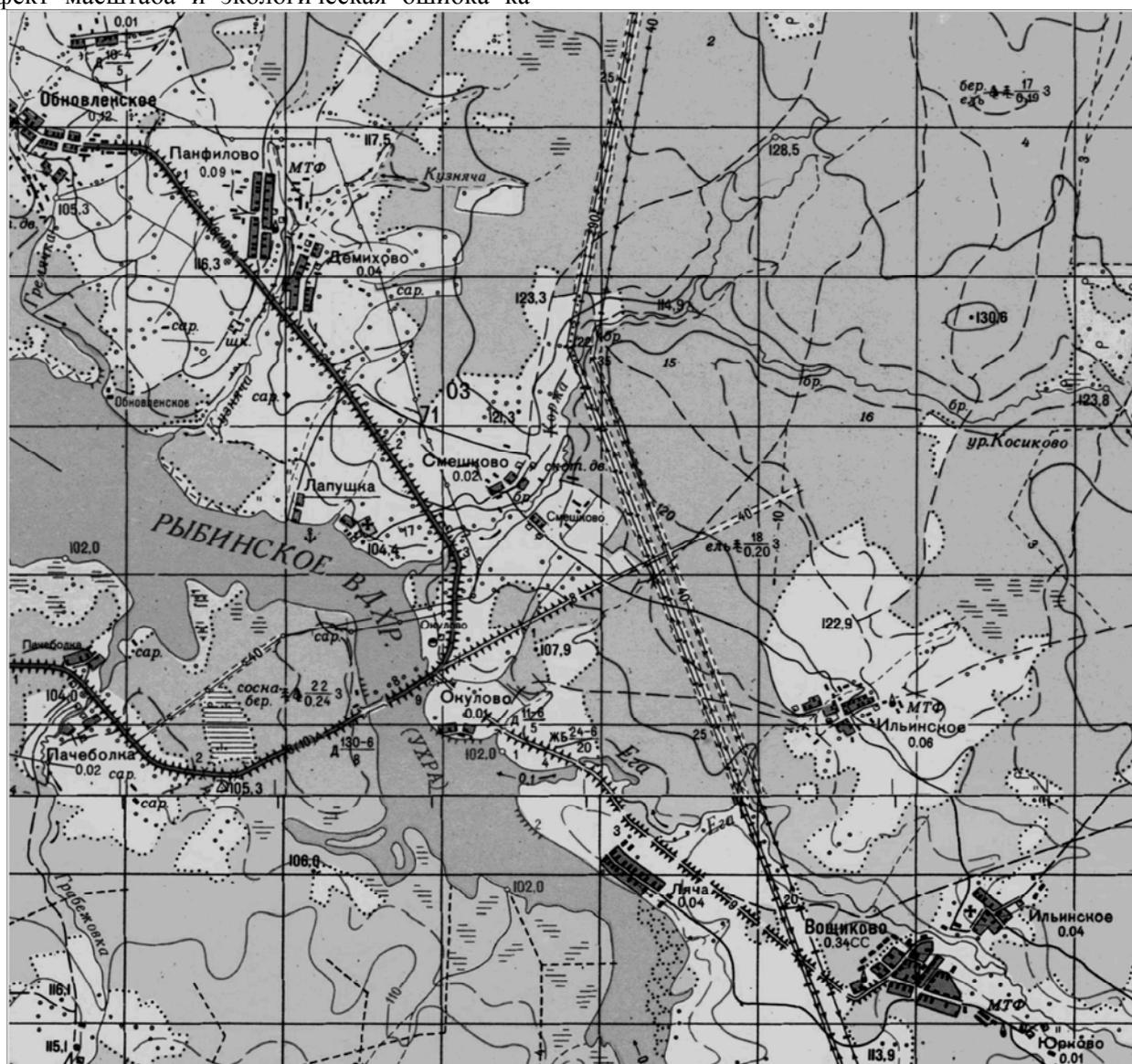


Рис. 1. Современная топокарта

На данной карте мы можем четко различить варианты исследуемых объектов: в качестве примеров площадных объектов прекрасно подходят сельскохозяйственные угодия, контуры лесов, очертания ареалов распространения кустарниковых форм растительности и прочие. Среди линейных объектов – речная и транспортная сеть. А вот с точечными объектами не все так просто. Здесь нужно вспомнить эффект масштаба: на более мелкомасштабных картах населенные пункты отображаются как точечные объекты – пунсонами, а вот с укрупнением масштаба карты территории НП сначала принимают очертания условных многоугольников (чаще всего встречаются прямоугольники), а затем и реаль-

ные очертания неправильных геометрических полигонов.

Предположим, нас интересует динамика населенных пунктов за период последних 150 лет, тогда с помощью нехитрых приемов ГИС мы переводим ныне существующие деревни в цифровой формат. А для удобства сравнения вниз подкладываем карту Менде. И вот, что у нас получается:

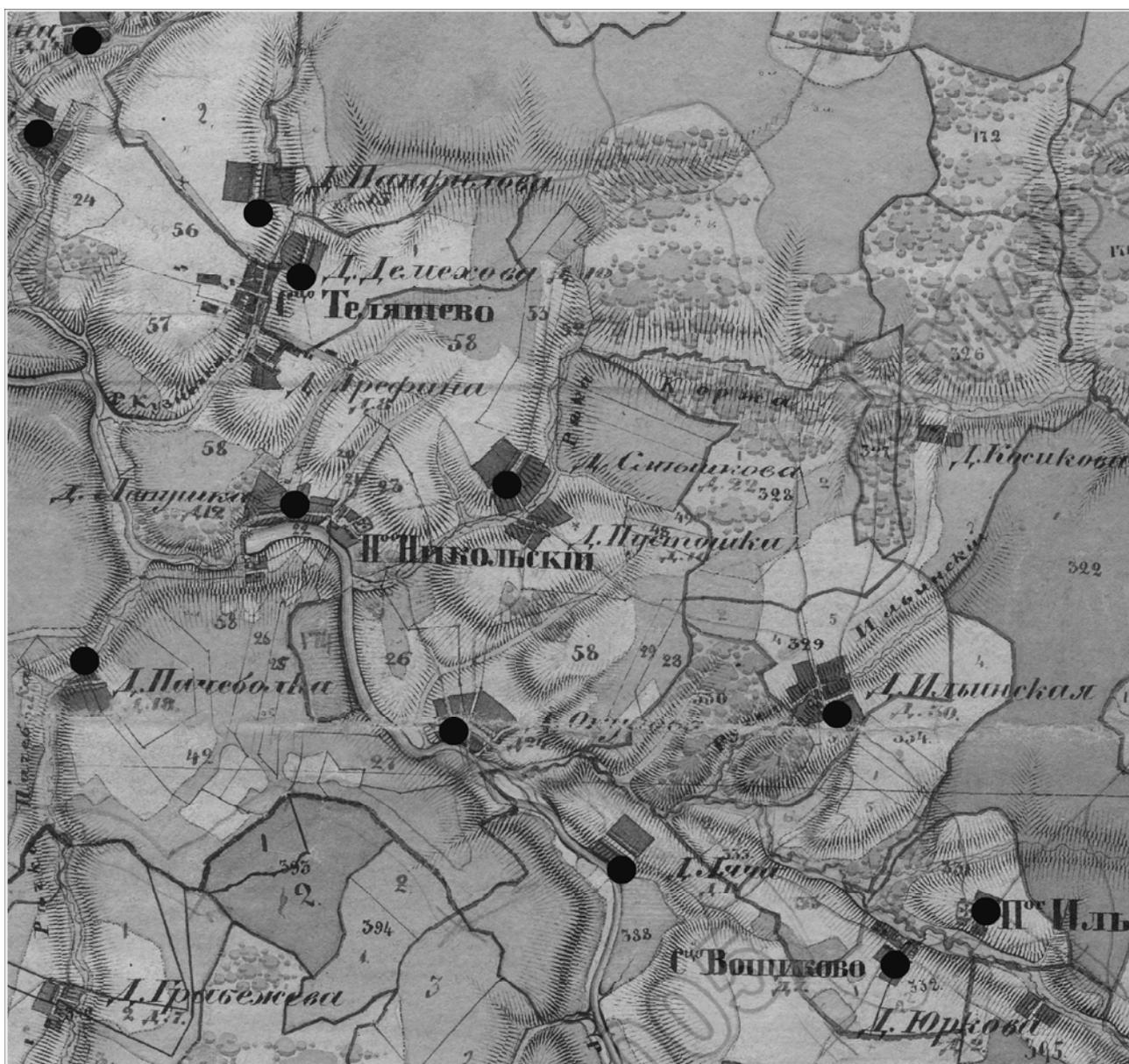


Рис. 2. Населенные пункты на карте Менде 1850-х гг.



Дорожная сеть довольно сильно изменилась. Связано это с изменением и количества деревень (нет деревни, нет дороги), и конфигурации полей сельскохозяйственного назначения (дороги в сельской местности всегда приурочены к наиболее удобным подъездам к полям).

С гидрографией произошли еще более значительные изменения. Так, при наложении существующих рек и ручьев на старую карту мы получим следующую картину:



Рис. 4. Современная гидрографическая сеть, совмещенная с картой Менде

Такая ситуация объясняется тем, что создание Рыбинского водохранилища в значительной мере изменило облик рек Верхневолжья. Так, р. Ухра стала гораздо шире и полноводнее. Часть ручьев пропала, особенно это заметно в восточной части представленного участка территории, зато появились новые гидрографические элементы – каналы, связанные с осушением болотистых участков местности (в результате водоотведения излишков воды).

В качестве примера пространственно-временных изменений площадных объектов нами

были выбраны сельскохозяйственные поля. Их конфигурация за 150 лет претерпела незначительные изменения (рис. 5). По всей видимости, связано это с тем, что в полосе нечерноземья земли никогда не использовались преимущественно для сельского хозяйства, поэтому и в период индустриализации пашни остались на уровне 1850-х годов.

На современной карте все остальное пространство занимают леса, местами подболоченные. Если сравнить их контуры с лесными массивами на карте Менде, то можно отметить, что лесистость местности гораздо увеличилась.

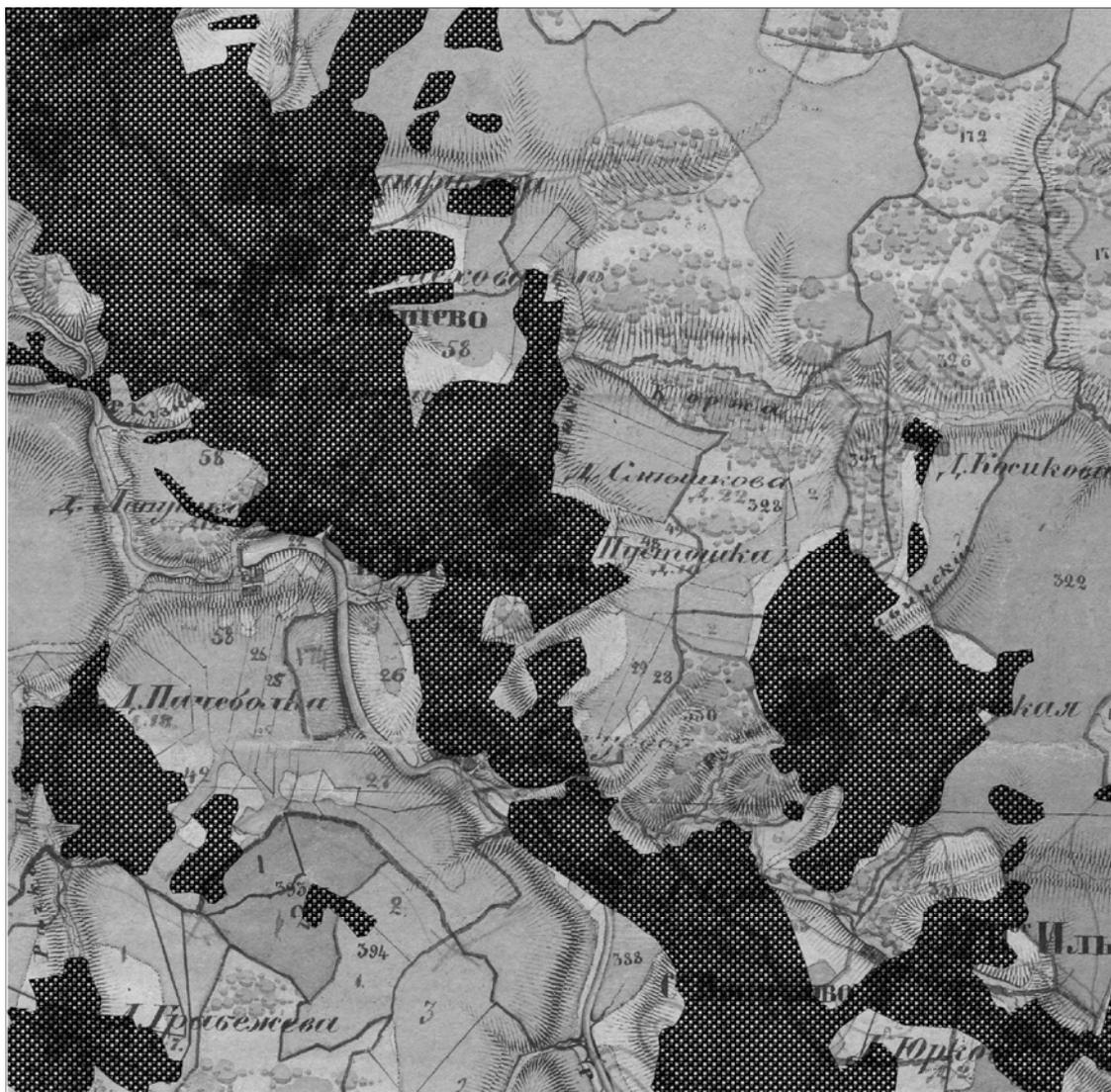


Рис. 5. Конфигурация современных земель сельскохозяйственного назначения, наложенная на карту Менде

Переведа все имеющиеся растровые картографические источники в цифровую форму, можно просчитать с помощью ГИС все интересные количественные показатели: абсолютные показатели количества земли, процентное соотношение изменений этих площадей за интересующий нас отрезок времени и т. д.

Но, как уже упоминалось выше, без дополнительных источников данных все равно не обойтись. Так, статистические показатели площадей позволяют уточнить и скорректировать результаты карты, описания территории дадут более полноценные ответы на вопросы о причинах тех или иных изменений объектов.

Подводя итог, следует отметить, что пространственный анализ – это инструмент для ана-

лиза данных, объяснения их взаимоотношений и особенностей, выявления пространственно-временных закономерностей. Данный подход требует полноценных данных из различных источников. На приведенном примере мы рассмотрели лишь малую толику возможных вариантов анализа. При этом мы затронули только временной аспект и в ограниченных условиях (при более конкретном исследовании необходима подборка широкого ряда карт за меньшие промежутки времени), ограничившись небольшим участком территории. Пространственный анализ не дает окончательных ответов, он лишь констатирует некие факты и объясняет некоторые явления, которые требуют дальнейших исследований и либо приводят к подтверждению полученных результатов, либо к опровержению выводов.

### Библиографический список

1. Ian N. Gregory and Paul S. Ell. HISTORICAL GIS: Technologies, Methodologies and Scholarship / Ian N. Gregory, Paul S. Ell. – UK: Cambridge University Press, 2007. – 241 p.

2. Murgante B., Borruo G., Lapucci A. Geocomputation and Urban Planning / Beniamino Murgante, Giuseppe Borruo, Alessandra Lapucci (Eds.). Studies in Computational Intelligence, Volume 176. – Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 2009. – 381 p.