



РЕГИОНАЛЬНАЯ И МУНИЦИПАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 332.146.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ¹

А.В. ПЛЯКИН

*Волжский гуманитарный
институт (филиал)
Волгоградского
государственного
университета,
г. Волжск Волгоградской обл.*

*e-mail:
a.v.plyakin@vgi.volsu.ru*

В статье с позиции геостатистического подхода показана актуальность активного применения современных методов пространственного анализа данных о всех видах региональных ресурсов, запасов, резервов (природно-экологических, демографических, трудовых, производственных, информационных, социокультурных и др.). Использование методов геостатистики на платформе современных геоинформационных систем (ГИС) способно существенно дополнить уже имеющиеся представления о территориальной структуре экономики региона и факторах, вызывающих её пространственную неоднородность. По мнению автора статьи, геостатистический подход к актуализации стратегии регионального развития способен обеспечить решение важнейших задач управления сбалансированным социально-экономическим развитием муниципальных образований с учётом существующего социального, хозяйственного, ресурсного и экологического потенциалов территории.

Ключевые слова: геостатистика, пространственно-временное моделирование, регион, муниципальный район, социально-экономическое развитие, геоинформационная система, пространственные данные

Разработка и реализация комплексных программ устойчивого развития региона и входящих в его состав муниципальных образований (МО) требуют активного использования ресурсов разнородной статистической информации о социально-экономическом состоянии территории. Картографическое представление социально-экономической информации при этом имеет большое значение в связи с тем, что карты позволяют, «во-первых, расширить информационную базу и дать реальное представление о территории, сложившихся и проектируемых пространственных структурах. Во-вторых, интерпретировать и «сжать» часть информации ... в виде статистических таблиц и текстовых описаний... В третьих, придать документам большую «привлекательность», снабдив их соответствующей графикой..., что должно повысить эффективность восприятия документов» [1, с. 26]. Бурное

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда и Администрации Волгоградской области (грант № 11-12-34015а/В).



развитие геоинформационных систем (ГИС) и технологий с начала 1980-х годов привело к появлению геостатистики и пространственной эконометрики, которые на первых порах использовались, в основном, географами и геологами и только в последние несколько лет стали все чаще использоваться экономистами, изучающими особенности регионального развития с учетом пространственных связей между экономическими объектами [2, с. 184].

Значительный вклад в развитие теоретических основ геостатистики внесли зарубежные учёные Матерон Ж. (1968), Journel A.G., Huijbregts Ch.J. (1978), Isaaks E.H., Shrivastava R.M. (1989), Goovaerets P. (1997), Deutsch C.V. and Journel A.G. (1998) и др. [3]. Первые попытки осветить в отечественной научной литературе проблемы использования геостатистического подхода к оценке общественного развития и состояния окружающей среды были независимо предприняты Бурцевой С.А. (1998) и коллективом авторов из Института проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ) РАН (1999) [4, 5, 6]. Эти же авторы, спустя годы, опубликовали свои фундаментальные труды по теории геостатистики и её практическому применению [7, 8]. В настоящее время геостатистика активно развивается в России и за рубежом [9].

Картографический метод исследования на платформе современных ГИС в сочетании с геостатистическими методами анализа пространственных данных способен существенно улучшить современные представления о характере взаимодействия общественных производительных сил и производственных отношений в системе "природа-человек-общество". "При исследовании системы общество-природа важно выделить определяющий фактор её развития. Таковым фактором являются экономические отношения, которые включают в себя географическую основу, где и развиваются эти отношения... Статистика, ставя своей задачей изучение общественных явлений в развитии (в пространстве и во времени), должна ввести в объект своего изучения качественно-количественную характеристику географического пространства" [4, с. 51,53]. Можно утверждать, что сочетание геостатистического и геоинформационного подходов способно обеспечить создание информационных систем регионального и муниципального уровня, призванных поднять процесс комплексного регионального и муниципального планирования и проектирования на качественно новый уровень. Обсуждению перспектив использования указанных подходов в управлении социально-экономическим развитием муниципальных образований посвящена настоящая работа.

Геостатистика — наука и технология для анализа, обработки и представления пространственно-распределенной (или пространственно-временной) информации с помощью статистических методов [8]. Геостатистика моделирует распределение объектов, явлений и процессов в географическом пространстве. В связи с этим система показателей управления и регулирования экономики региона может быть представлена как комплекс *геостатистических показателей*, характеризующих территориальные экологические, природно-климатические, почвенно-ландшафтные и другие возможности входящих в состав региона муниципальных образований. Поскольку с понятием о геостатистическом показателе связано представление о *центре* территории, имеющей границы, то система муниципальных геостатистических показателей должна быть сопряжена с совокупностью районных центров, в числе которых: географический центр муниципального образования — геоцентр, районный демографический центр — демоцентр, центр расселения населения района — урбоцентр, экономические центры МО по важнейшим видам производимой продукции (промышленный центр) и другие виды центров, адекватно отражающих экологическое, экономическое, демографическое состояние муниципального района [7, с. 352]. Определение местоположения центров разных типов предполагает наличие статистических данных по населённым пунктам (городам, посёлкам, сельским поселениям). Однако современная практика формирования статистических данных в России такова, что все имеющиеся официальные данные статистики агрегируются по территории МО в целом и именно в таком виде предоставляются конечным пользователям. В связи с этим все статистические данные по каждому МО (демографические, экономические, экологические и др.) могут быть отнесены только к его *геоцентру*, который в этих условиях имеет свойства *геостатистического центра* и характеризуется средней геостатистической (пространственной) величиной. Определяя содержание геостатистической средней величины,

отметим, что сущность последней "состоит в обобщении распределения геостатистической совокупности по поверхности земного шара, по его отдельным регионам..., а внутри страны – по административно-территориальным единицам" [7, с. 308].

Применительно к нашему объекту исследования, геостатистическая совокупность – это множество реальных явлений социальной жизни, экономики и хозяйства, объединённых общим законом развития и имеющих характерные черты качественной однородности единиц геостатистической совокупности и варьирования изучаемых признаков в пространстве и во времени. Определение однородных частей предполагает выявление характера отношений между частями геостатистической совокупности с определением пространственно-временной структуры распределения исследуемых явлений. Единицами геостатистической совокупности могут быть реальные социально-экономические процессы и явления в пределах административно-территориальных единиц государства, к числу которых относятся населённый пункт, муниципальный район, область, округ и т.д. Таким образом, единица геостатистической совокупности выступает объектом наблюдения и содержит две составляющие: географическую и статистическую [7, с. 310].

По мнению Бурцевой С.А., важнейшим признаком геостатистической совокупности является *геовариация*, т.е. качественное и количественное изменение в пространстве составляющих геостатистическую совокупность единиц. Задача обобщения геовариации признаков реальных совокупностей решается с помощью *геостатистической средней величины*, агрегирующей в пространстве с учётом веса качественно однородные и количественно отличающиеся геостатистические величины. Для расчета геостатистической средней величины, характеризующей степень распределения геостатистической совокупности по всей территории России, целесообразно выделить пять территориально-иерархических уровней (муниципальное образование, субъект РФ, экономический район, федеральный округ, Российская Федерация), при этом первому уровню соответствует неделимая территориальная единица: муниципальный район, город, посёлок, сельские администрации. Геостатистическая средняя величина изображается точкой на географической карте и называется *центральной*, поскольку характеризует основную тенденцию в распределении единиц геостатистической совокупности [7, с. 316]. Используя геостатистические показатели и изображая их на географической карте, получаем *центрограммы*, т.е. карты, на которых можно изобразить *точкой* значение геостатистического центра (рис. 1).

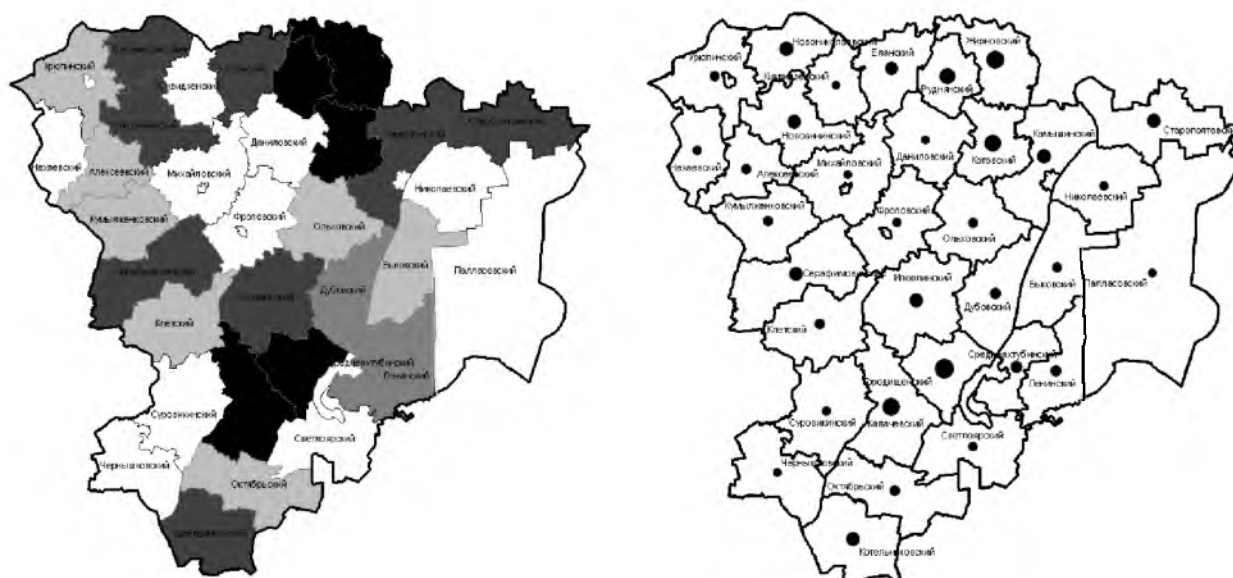
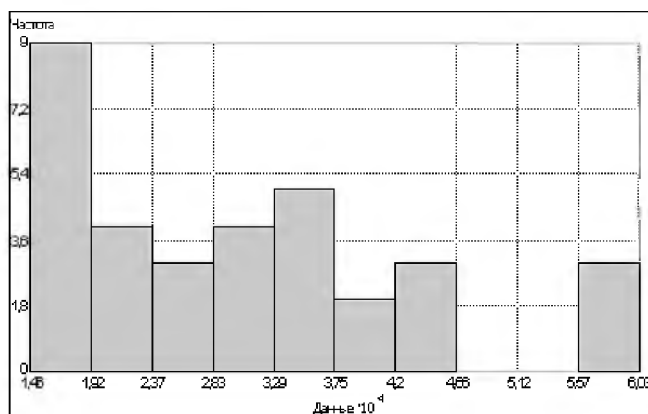


Рис. 1. Представление количества занятых в экономике муниципальных районов Волгоградской области в 2010 году (чел.) в виде статистической картограммы (слева) и центрограммы (справа) [10]



В отличие от традиционной статистической картограммы, маскирующей тенденции социально-экономические развития во внутрирегиональном пространстве, картограмма становится объектом дальнейшего углубленного пространственно-временного моделирования социально-экономических процессов в регионе и объектом применения методов геостатистического анализа.

В арсенале методов современной геостатистики имеется большой набор статистических моделей и инструментов для анализа пространственно-распределённых данных: визуализации и описания данных; структурного анализа (вариографии); кросс-валидации, пространственной интерполяции, визуализации результатов в виде карт ошибок, оценок, вероятностей и риска; картографирования в ГИС [11]. Тем не менее, важно определить перечень методов и этапов, образующих замкнутый поэтапный цикл исследования геостатистических данных от начального анализа базовых статистических закономерностей в геостатистических данных до вероятностного картирования на основе нелинейных моделей кригинга. Так, на первом этапе геостатистического анализа выполняется исследовательский анализ пространственных данных (ESDA) в ГИС ARCGIS 9.3.1, позволяющий выявить базовые геостатистические закономерности на территории исследуемого региона [12]. Каждый инструмент ESDA предоставляет возможность исследовать данные с различных точек зрения. Инструмент **гистограммы** в ESDA дает одномерное (по одной переменной) описание геостатистических данных, а именно – показывает плотность распределения исследуемого набора данных и подсчитывает суммарную статистику (рис. 2).



Количество МО (ед.)	33
Min численность населения в МО (чел.)	14600
Max численность населения в МО (чел.)	60800
Средняя численность населения по МО (чел.)	30173
Ср. кв. отклонение (чел.)	12830
Коэффициент асимметрии	0,88
Коэффициент эксцесса	3,09
1-й квантиль (чел.)	18025
Медиана (чел.)	28700
3-й квантиль	37275

Рис. 2. Гистограмма распределения численности населения Волгоградской области по муниципальным районам в 2010 году

Все значения численности населения по муниципальным районам Волгоградской области объединены в 10 классов. Высота столбцов пропорциональна количеству муниципальных районов области, численность населения в которых попадает в каждый класс. В целом, важными характеристиками распределения являются *среднее значение, его размах и симметрия*. Среднее и медиана распределения населения в регионе различаются по величине (30173 и 28700 чел.) и это является одним из признаков того, что данные не в полной мере подчиняются закону нормального распределения. Это же подтверждает гистограмма, поскольку данные являются бимодальными (двухвершинными) и асимметричными. Значение коэффициента асимметрии (0,88) свидетельствует о положительной асимметрии распределения. Правый хвост распределения указывает на присутствие относительно небольшого количества муниципальных районов с высокими значениями численности населения в них (от 55,7 до 60,3 тыс.чел.), а левый – о преобладании в Волгоградской области районов с численностью населения от 14,6 до 19,2 тыс. чел. Эксцесс кривой плотности распределения зависит от размера хвостов гистограммы и дает меру

того, насколько вероятно, что в распределении будут встречаться резко выделяющиеся (выпадающие) значения численности населения в районах. Поскольку эксцесс нормального распределения равен 3, то в нашем случае величина эксцесса (3,09) свидетельствует о незначительной "островершинности" исследуемого распределения.

Нормальный график QQ (квантиль – квантиль) обеспечивает проверку нормальности распределения геостатистических данных. Он строится путем нанесения на соответствующие оси координат значений из набора данных и значений, полученных по кривой нормального распределения, соответствующих одинаковому значению кумулятивного распределения. (Рис. 3) График QQ позволяет сравнить распределение данных со стандартным нормальным. Чем более точно по точкам можно построить прямую линию, тем ближе распределение к нормальному. На графике QQ видно, что график очень близок к прямой линии. Главное отклонение от этой линии приходится на высокие значения численности населения в некоторых районах Волгоградской области.

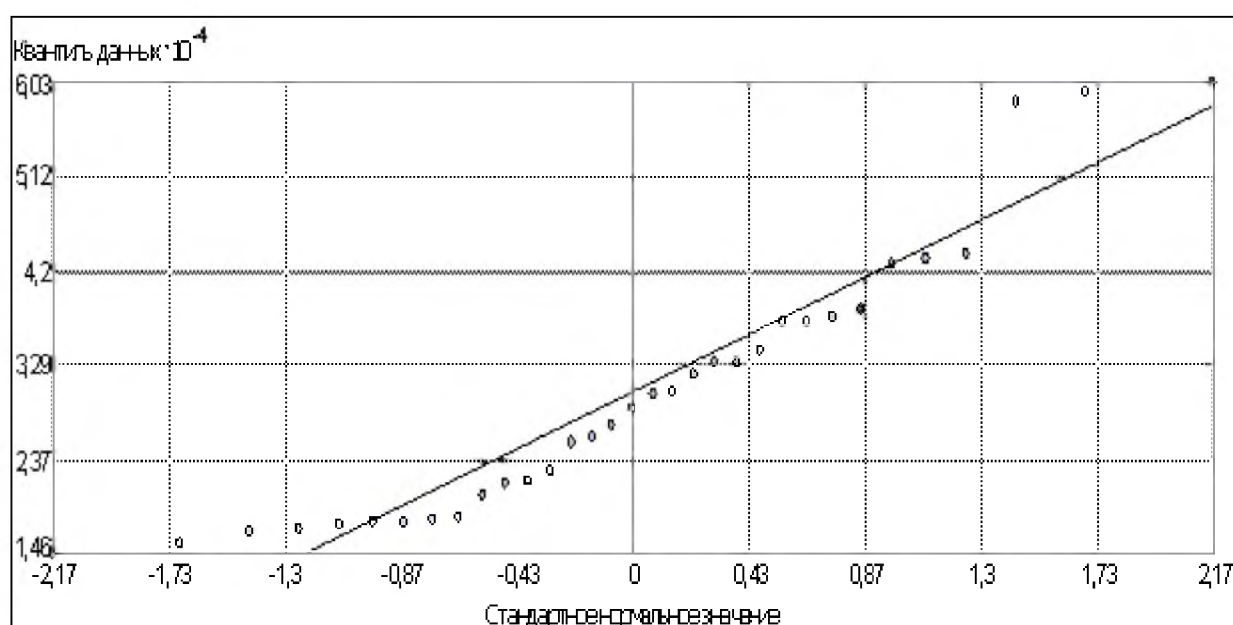


Рис. 3. Нормальный график QQ распределения численности населения Волгоградской области по муниципальным районам в 2010 году

Инструмент **Карта Вороного** позволяет выполнить анализ стационарности и пространственной изменчивости набора геостатистических данных. Эти карты строятся на основе центрограммы из серии полигонов, образуемых вокруг геостатистических центров (рис. 4).

На картах Вороного может быть выполнена оценка исследуемых геостатистических показателей на уровне *локального сглаживания* (среднее, мода, медиана), *локальных отклонений* (стандартное отклонение, диапазон между квантилями, энтропия), *локальных выпадающих значений* (кластер), *локальных влияний* (простое значение). Каждая карта характеризует пространственную изменчивость показателя по муниципальным районам в регионе и позволяет выделить однородные группы районов.

Важнейшими этапами исследования является определение **глобальных трендов** в наборе геостатистических данных, а также исследование **вариограммы (ковариации)**, позволяющей выполнить анализ пространственных зависимостей. Последнее особенно важно, поскольку при отсутствии пространственной корреляции между данными получение оценки в геостатистическом центре путём взвешивания соседних центров и применение **геостатистических методов интерполяции** (кригинга) не имеет смысла [12, с. 133].

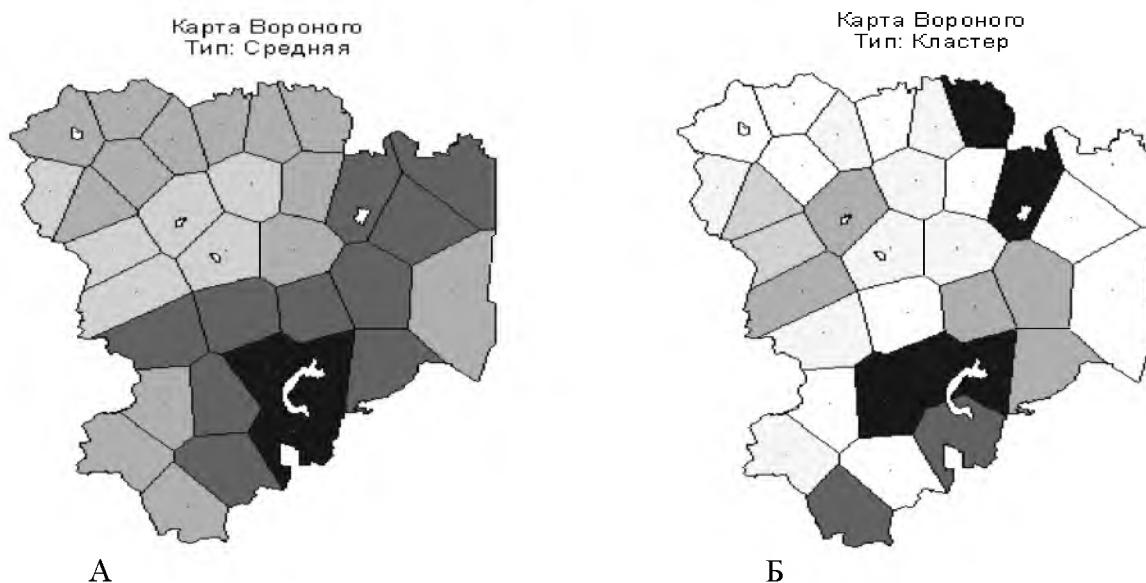


Рис. 4. Карты Вороного по показателю численности населения в муниципальных районах Волгоградской области в 2010 г. Типы карт: среднее значение (А), кластер (Б)

В модуле Geostatistical Analyst геоинформационной системы ARCGIS возможно использование ординарного, простого, универсального, вероятностного, индикаторного и дизъюнктивного кригинга, наряду с дополняющим их кокригингом. Эти методы кригинга не только строят поверхности интерполируемых значений и ошибок, но они могут быть также использованы для создания карт вероятности и квантилей (рис. 5). Следует заметить, что метод кригинга не выдвигает к исходным данным требования нормальности распределения. Однако, подчинение данных закону нормального распределения обязательно для создания карт вероятности для ординарного, простого и универсального кригинга.

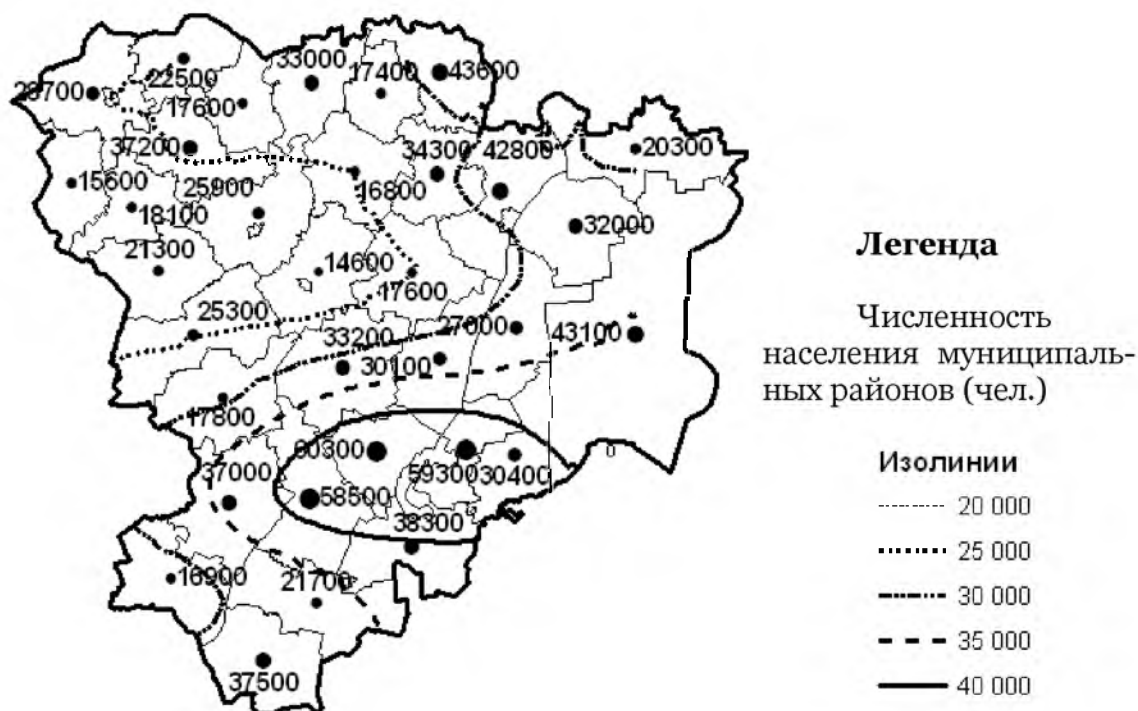


Рис. 5. Карта интерполированных методом ординарного кригинга значений численности населения муниципальных районов Волгоградской области в 2010 г. Исходные значения численности населения (чел.) отнесены к геоцентрам муниципальных районов



Сравнение традиционной картограммы (рис. 1) и геостатистической центрограммы с изолиниями равных значений численности населения на территории Волгоградской области (рис. 5) свидетельствует о дополнительных возможностях визуализации скрытых прежде особенностей пространственного распределения численности населения на территории региона. На карте отмечается ядро высокой концентрации расселения населения на юге Волгоградской области и расположенный севернее малонаселённый пояс муниципальных районов. Приведённый пример наглядно демонстрирует перспективность использования геостатистических методов в исследовании условий, ресурсов и факторов социально-экономического развития муниципальных образований в границах региональной социоприродохозяйственной системы. Геостатистический анализ данных о всех видах региональных ресурсов, запасов, резервов (природно-экологических, демографических, трудовых, производственных, информационных, социокультурных и др.) способен существенно дополнить уже имеющиеся представления о территориальной структуре экономики региона и факторах, вызывающих её пространственную неоднородность [13, с. 62-64].

В заключении, представляется возможным сделать вывод о том, что геостатистический подход к актуализации стратегии регионального развития способен обеспечить решение важнейших задач управления сбалансированным социально-экономическим развитием муниципальных образований с учётом существующего социального, хозяйственного, ресурсного и экологического потенциалов территории.

Литература

1. Вишневский, Д.С. Картографическое обеспечение региональных целевых социально-экономических программ / Д.С. Вишневский, О.А. Головацкая // Известия Русского географического общества. Том 134. Вып.4. – Санкт-Петербург: «Наука», 2002. – С. 26-31.
2. Сидоренко, В.Н. Применение геостатистики и пространственной эконометрики в экономике // Ломоносов–2005: Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, МГУ им. М.В. Ломоносова, 12–15 апреля 2005 г. Сборник тезисов. Том I. / Гл. ред. В.Н. Сидоренко. – М.: Издательство МГУ, 2005. – С. 185-186.
3. Рекомендуемые издания по геостатистике на английском языке. URL: <https://sites.google.com/site/geostatistika/home/dopolnitelno/books>
4. Бурцева, С.А. Геостатистический подход к пространственно-временному развитию общества // Вопросы статистики. №5, 1998.
5. Каневский, М. Элементарное введение в геостатистику / М. Каневский, В. Демьянов, Е. Савельева и др. // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов – М: ВИНТИ. № 11, 1999. – 136 с.
6. Арутюнян, Р. В. Прогноз электропотребления: Анализ временных рядов, геостатистика, искусственные нейронные сети / Р.В. Арутюнян, В.И. Богданов, Л.А. Большов и др. – М., 1999. – 45 с. – (Препринт ИБРАЭ; IBRAE-99-05).
7. Бурцева, С.А. Глобализация: геостатистический подход. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 448 с.
8. Демьянов, В. Геостатистика. Теория и практика / В. Демьянов, Е. Савельева. – М: Издательство «Наука», 2010. – 327 с.
9. Обзор интернет ресурсов по геостатистике. URL: <https://sites.google.com/site/geostatistika/home/dopolnitelno/---1>.
10. Городские округа и муниципальные районы Волгоградской области. Статистическое обозрение. 2010. – Волгоград: Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области, 2011. – 277 с.
11. Каневский, М.Ф. Введение в методы анализа данных по окружающей среде / М.Ф. Каневский, В.В. Демьянов // Элементарное введение в геостатистику. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов – М: ВИНТИ. № 11, 1999. URL: <https://sites.google.com/site/geostatistika/home/dopolnitelno/---1999>.
12. ARCGIS 9. Geostatistical Analyst. Руководство пользователя. – ESRI, 2001. – 285 с.



13. Ломовцева, О.А. Совокупный ресурсный потенциал региона: методология определения и измерения // Научные ведомости Белгородского государственного университета. №1(120). 2012. Выпуск 21/1. – С.61-68.

GEOSTATISTICAL METHODS FOR SPATIO-TEMPORAL MODELLING OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF MUNICIPALITIES

A.V. PLYAKIN

*Volzhsky Institute
of Humanities (branch)
of Volgograd State University,
Volzhsk*

*e-mail:
a.v.plyakin@vgi.volsu.ru*

In article the urgency of active application of spatial analysis methods for research of regional social and economic development is proved from a point of view of a geostatistical approach. Using of geostatistical methods on a base of GIS is capable to add ideas of territorial structure of regional economy and the factors causing its spatial heterogeneity. According to the author, the geostatistical approach to updating of regional development strategy is capable to provide the solution of the regional socio-economic problems. The full accounting of natural, economic, economic and social territorial resources is necessary for the successful solution of social and economic problems of municipalities.

Keywords: geostatistics, spatio-temporal modelling, the region, socio-economic development, municipality, geoinformational system, spatial data.