

# АРХИТЕКТУРНЫЕ, ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

---

УДК 004.9+711.451

**А.Ю. Завьялов, С.В. Максимова, Д.Н. Шульц**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**П.С. Микушин**

ЗАО «Прогноз» (г. Пермь)

**П.З. Лоренс**

Гданьский технологический университет (Польша)

## КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ КАК ОСНОВА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Статья посвящена разработке прототипа модели, предназначенной для создания технологии, позволяющей повысить точность и обоснованность пространственного планирования, оценить социальную, экономическую и бюджетную эффективность принятия решений в области территориального планирования. Представлены результаты применения прототипа в решении задачи выбора земельного участка в городе для размещения образовательного учреждения при простых нормативно-технических и бюджетных ограничениях. Представлены результаты анализа мировых аналогов, целевые функции и параметры модели.

*Ключевые слова:* пространственное планирование, моделирование, градостроительный анализ, информационные технологии в градостроительстве.

На сегодняшний день практика градостроительного планирования и проектирования в России существенно отличается от практики стран с рыночной экономикой, так как опирается на принципы советской плановой экономики, в то время как текущие экономические условия требуют новых подходов.

Вместе с тем применить имеющиеся западные технологии планирования не представляется возможным, так как российская система градостроительного регулирования находится в стадии формирования, а застройка происходит либо стихийно, либо на основе краткосрочных планов. Сложность пространственного планирования любых градостроительных объектов заключается, прежде всего, в многообразии поселений и необходимости обработки множества исходных данных (от климато-географических до политических) и решений, принимаемых на разных уровнях административного управления.

Из-за ресурсных ограничений муниципалитеты не могут обеспечить требуемый объем экспериментальных исследований для разработки и оценки различных сценариев социально-экономического развития, а следовательно, правильно определить приоритеты в финансировании строительства объектов социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры.

Несмотря на развитие методов математического моделирования и наличие коммерческих пакетов прикладных программ для решения задач развития территории NUCOMS, DRAMS, PLUM, USM [1], большинство из них имеет узкую коммерческую направленность, связанную со сроками окупаемости вложенных инвестиций, либо ограниченный набор входных данных и моделируемых параметров, следствием чего является низкая применимость результатов.

Проблема не решена и с точки зрения создания практической технологии, позволяющей повысить точность пространственного планирования и, в конечном счете, снизить долю неэффективных бюджетных расходов, связанных с реализацией градостроительной политики.

Имеющиеся на мировом рынке аналоги не отражают специфику российского градостроительного развития, в течение века происходившего под влиянием советской плановой экономики, не учитывают и не могут учитывать требования российского градостроительного законодательства, поэтому неприменимы для условий России.

Целью исследования является разработка системы поддержки принятия управленческих решений в области территориального планирования, направленной на решение многокритериаль-

ных задач оптимизации пространственного размещения жилья и объектов социального обслуживания с учетом установленного законодательством уровня обеспеченности населения различными видами услуг, возможностей муниципальных бюджетов, сложившихся градостроительных условий.

Разработка такой системы невозможна без формирования комплексной модели пространственного развития (далее – модель), содержащей общую социально-экономическую статистику, данные государственного кадастра недвижимости, богатую библиотеку математических, статистических и адаптивных методов, интегрированных с GIS.

Помимо обозначенных источников информации о развитии той или иной территории на вход модели будут подаваться также следующие слои картографической информации:

1) планировочная организация и планировочная структура территории;

2) функциональное зонирование;

3) нормируемые параметры застройки;

4) параметры улично-дорожной сети;

5) генерирующие объекты инженерной инфраструктуры (электроснабжение, теплоснабжение, газоснабжение, водоснабжение, водоотведение, способы прокладки коммуникаций);

6) расчетные и индикативные показатели градостроительного проектирования;

7) расчетные показатели обеспеченности благоприятными условиями жизнедеятельности.

Модель предполагается использовать для решения следующих задач:

- анализ эффектов от изменения административно-территориального деления региона;

- оптимизация размещения объектов социальной сферы с учетом нормативов обеспеченности, транспортной доступности и др. на территории;

- анализ текущих и перспективных потребностей развития транспортной инфраструктуры, ресурсного обеспечения и др. региона;

- обоснование выбора территории для реализации инвестиционных проектов и др.

Модель позволит оценить несколько групп эффективностей решений в области территориального планирования:

а) социальная эффективность (в разрезе таких социально-экономических показателей, как сальдо миграции населения, численность занятых, доходы населения и др.);

б) экономическая эффективность (инвестиции в основной капитал, объем промышленного производства, оборот розничной торговли и др.);

в) бюджетная эффективность (объем поступлений налогов и сборов).

Для создания пространственной модели требуется несколько этапов.

На первом этапе были выявлены аналоги программного обеспечения, которые применяются для решения задач подобного рода [2] на основании следующих критериев:

- возможность проведения анализа пространственных данных;
- наличие функционала по моделированию геопространства;
- визуализация данных (представление данных в удобном для пользователя виде);
- полнота приложения (не требует установки основных или дополнительных программ);
- доступность пользователям (возможность загрузить приложение без заключения каких-либо дополнительных обязательств или соглашений).

В таблице приведены основные характеристики изученных программных продуктов. Одним из определяющих критериев являлось наличие функционала моделирования геопространства [3]. Всего было проанализировано 12 систем, из которых наиболее подходящими для решения различных аналитических задач пространственного планирования являются ArcGIS, SAGA, PySAL, поскольку каждая из них сочетает особые возможности для реализации модели пространственного развития.

На основе проведенных исследований разработан алгоритм решения пространственных задач и прототип модели, который применен в задаче выбора земельного участка для строительства новой школы на территории города с учетом стоимости строительства (рисунок).

**Сравнительный анализ информационно-аналитических систем  
по управлению пространственным развитием**

Наименование	Разработчик	Операционная система	Доступ	Наличие web-приложения	Сайт	Назначение	Отличительные черты
ArcGIS	Esri	Linux, Windows, iOS, Android, Windows Phone	Ограниченный (платные версии)	Есть	<a href="http://www.esri.com/">http://www.esri.com/</a>	Создавать, визуализировать, управлять, анализировать пространственные данные	Имеет специальное приложение для ПК, мобильного телефона. Визуализирует большие объемы статистической информации, имеющей географическую привязку. Карты всех масштабов: от планов земельных участков до карты мира. Инструментарий анализа пространственной информации
Fragstats	Dr. Kevin McGarigal, University of Massachusetts	Windows	Свободный	Нет	<a href="http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html">http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html</a>	Ландшафтная метрика для различного вида моделей	Возможность использовать в работе такие характеристики, как площадь, плотность, физические параметры
ClusterPy	RiSE group (@gmail:rise.group.eafit), Dr. Juan C. Duque and Boris Dev	Linux, MAC OS, Windows	Свободный	Нет	<a href="http://www.rise-group.org/section/Software/clusterPy/">http://www.rise-group.org/section/Software/clusterPy/</a> <a href="http://www.rise-group.org/section/Software/Geogrouper/">http://www.rise-group.org/section/Software/Geogrouper/</a>	Пространственная кластеризация	Совокупность алгоритмов, объединенных в группы для регионов
Groupier							

Продолжение таблицы

Наименование	Разработчик	Операционная система	Доступ	Наличие web-приложения	Сайт	Назначение	Отличительные черты
GeoDa Space	GeoDa Center for Geospatial analysis and Computation	MAC OS, Windows	Свободный		<a href="https://geodacenter.asu.edu/software">https://geodacenter.asu.edu/software</a>	Пространственная эконометрика	Пространственные модели, построенные с использованием GMM, IV и пространственных HAC
Google Earth	Google	Linux, MAC OS, Windows	Свободный/400\$ расширенная версия	Есть	<a href="http://earth.google.com/">http://earth.google.com/</a>	3D визуализация	Имеет специальное приложение для ПК, мобильного телефона. Автоматически обновляет данные с помощью Интернета. Содержит актуальные и исторические карты. Пользователь может создавать небольшие наглядные элементы, соотносящиеся с Интернетом
GRASS	GRASS Development Team	Linux, MAC OS, Windows	Свободный	Нет	<a href="http://grass.osgeo.org/">http://grass.osgeo.org/</a>	Визуализация пространства	Обширный набор инструментов ГИС для растровых и векторных данных, SQL, визуализации
Legacy GeoDa	GeoDa Center	Windows	Свободный	Нет	<a href="http://geodacenter.asu.edu/geodasum">http://geodacenter.asu.edu/geodasum</a>	Анализ пространственных данных	Визуализация, ESDA, поддержка территориальных регрессии; интерактивный исследовательский анализ, основные пространственные возможности регресса

## Окончание таблицы

Наименование	Разработчик	Операционная система	Доступ	Наличие web-приложения	Сайт	Назначение	Отличительные черты
PySAL	GeoDa Center	Linux, MAC OS, Windows	Свободный	Нет	<a href="http://www.pysal.org/">http://www.pysal.org/</a>	Анализ пространственных данных	Модули для вычислительной геометрии, пространственных весов, мобильности и пространственности эконометрики
Quantum GIS	QGIS Development Team	Linux, MAC OS, Windows	Свободный	Нет	<a href="http://www.qgis.org/">http://www.qgis.org/</a>	Визуализация пространства	Имеет широкий функционал, дополнительная возможность использования плагинов, включает элементы геопроектинга
R-Analysis of Spatial Data	Roger Bivand	Linux, MAC OS, Windows	Свободный	Нет	<a href="http://cran.r-project.org/view=Spatial">http://cran.r-project.org/view=Spatial</a>	Анализ пространственных данных	Интеграция пространственных данных: классификация, обработка, чтение и запись пространственных данных, графическое представление, экологический анализ, пространственные регрессии
SAGA	Institute of Geography at the University of Hamburg, Germany	Windows, Linux	Свободный	Нет	<a href="http://www.saga-gis.org/en/index.html">http://www.saga-gis.org/en/index.html</a>	GIS, анализ местности	Анализ поверхностей, гео-статистика, анализ местности, моделирование гидрологии, различные TIN инструменты

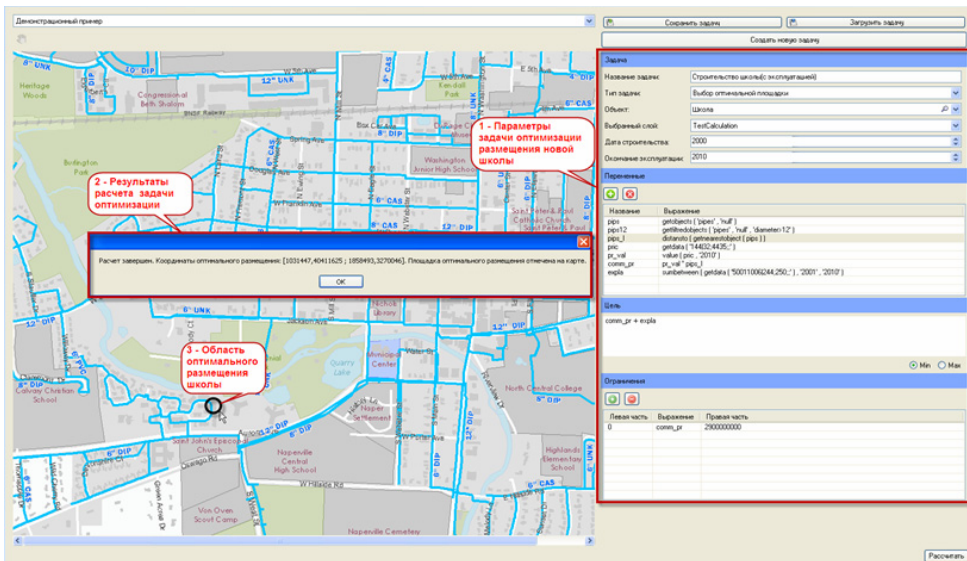


Рис. Демонстрационный пример. Задача выбора оптимальной площадки для строительства новой школы с учетом планировочных и бюджетных ограничений

Основные теоретические подходы к моделированию пространственной задачи размещения социальных объектов, целевые функции и основные зависимости, используемые в градостроительном анализе территории, были изложены в работе А.В. Головина [4]. В качестве пространственных ограничений были приняты нормативные расстояния до инженерных коммуникаций.

На втором этапе разработки модели изучены типологии и классификации объектов моделирования, что позволило определить перечень необходимых расчетных и (или) индикативных показателей обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности применительно к различным территориям. Проанализированы существующие стандарты предоставления социальных услуг на примере районов Пермского края с целью определения необходимости установления тех или иных ограничений.

Набор ключевых параметров для прогноза целевых функций, характеризующих градостроительную ситуацию и используемых для верификации модели, включает в себя: численность и размер домохозяйств (чел.), количество школьников и дошкольников (в процентах от численности населения), расчетная жилищная обеспеченность, FAR (отношение жилой площади к площади земельного участка), планировочный коэффициент (отношение жи-



лой площади к общей площади), доля застройки участка (%), объем водопотребления (л/(чел.·дн.)), этажность застройки.

Эти параметры определяются с помощью удельных показателей, определяемых генеральным планом муниципального образования, правилами землепользования и застройки или СП 42-13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», либо устанавливаются на основе демографических и градостроительных исследований.

К целевым функциям, которые определяются с помощью расчетных формул на прогнозный период (лет), относятся: прогнозное увеличение численности населения, школьников и дошкольников, требуемые площади земельных участков жилой застройки, социальных объектов, водо- и энергопотребление, потребность новой застройки в общественном транспорте и прогнозируемый уровень автомобилизации, прогнозная максимальная площадь коммерческой недвижимости и другие параметры территории.

Эти сведения включаются в состав атрибутивной информации базы геоданных модели.

На следующем этапе работы предполагается анализ конкретных задач развития жилищного строительства и социальной инфраструктуры, возникающих на уровне органов местного самоуправления, решение которых целесообразно с использованием создаваемой модели.

Анализ статистических и пространственных данных с помощью комплексной модели позволит повысить обоснованность принимаемых решений в различных видах территориального планирования, при разработке правил землепользования и застройки и определении приоритетов в распределении муниципальных бюджетных средств.

*Работа выполняется при финансовой поддержке администрации Пермского края по соглашению № С-26/613 от 19.12.2012 о предоставлении и целевом использовании субсидии на реализацию научного проекта международной исследовательской группой ученых на базе государственного образовательного учреждения и (или) научной организации Пермского края.*

### **Библиографический список**

1. Алексеев Ю.В., Сомов Г.Ю. Градостроительное планирование поселений: в 5 т. Т. 1. Эволюция планирования. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 336 с.
2. GIS, Spatial Analysis and Modeling / eds. D.J. Maguire, M.F. Goodchild, M. Batty. – ESRI Press, 2005. – P. 1–18.
3. Montrone S., Perchinunno P. Statistical Methods for Spatial Planning and Monitoring (Contributions to Statistics). – Springer, 2012.
4. Головин А.В. Моделирование для принятия решений при градостроительном проектировании на примере оптимизации сети муниципальных образовательных учреждений // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Урбанистика. – 2013. – № 2 (10). – С. 6–31.

### **References**

1. Alekseev Yu.V. Gradostroitelnoye planirovaniye poseleniy. Vol. 1. Evolutsiya planirovaniya [Urban planning of settlements. The evolution of planning]. Moscow: Izd-vo ASV, 2003. 336 p.
2. GIS, Spatial Analysis and Modeling. Eds. D.J. Maguire, M.F. Goodchild, M. Batty. ESRI Press, 2005, pp. 1–18.
3. Montrone S., Perchinunno P. Statistical Methods for Spatial Planning and Monitoring (Contributions to Statistics). Springer, 2012.
4. Golovin A.V. Modelirovanie dlya prinyatiya reshenii pri gradostroitelnom proektirovanii na primere optimizatsii seti munitsipalnykh obrazovatelnykh uchrezhdenii [Modeling for decision-making in urban planning at the example optimization of the network of municipal educational institutions]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo polytekhnicheskogo universiteta. Urbanistika*, 2013, no. 2(10), pp. 6–31.

Получено 23.10.13

**A. Zavialov, S. Maksimova, D. Schultz,  
P. Mikushin, P. Lorenz**

### **INTEGRATED MODEL OF DEVELOPMENT AS A BASIS FOR DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE URBAN PLANNING**

This paper is devoted the prototype of a model for spatial planning technology. The model should assess the social, economic and budget efficiency of decision-making in the field of spatial planning. There are results of the world analogues analysis, functions and parameters of the model. There is an example of model application for a school placement. The modeling approach is applicable to examine and decide on the urban areas structure formation.

**Keywords:** spatial planning, modelling, spatial analysis, information technologies in urban development.

**Завьялов Алексей Юрьевич** (Пермь, Россия) – ассистент кафедры архитектуры и урбанистики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: gradcenter@mail.ru).

**Макимова Светлана Валентиновна** (Пермь, Россия) – д-р техн. наук, профессор кафедры архитектуры и урбанистики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: gradcenter@mail.ru).

**Шульц Дмитрий Николаевич** (Пермь, Россия) – канд. экон. наук, доцент кафедры архитектуры и урбанистики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: gradcenter@mail.ru).

**Микушин Петр Сергеевич** (Пермь, Россия) – специалист 1-й категории ЗАО «Прогноз» (614000, г. Пермь, ул. Стахановская, 54б, e-mail: mikushin@prognoz.ru).

**Лоренс Пиотр Збигнев** (Гданьск, Польша) – профессор, д-р архитектуры, заведующий кафедрой градостроительства и регионального планирования, Гданьский технологический университет (Польша, Гданьск, ул. Нарutowитша, 11/12, e-mail: plores@pg.gda.pl).

**Zavialov Alexey** (Perm, Russia) – Assistant of Department of Architecture and urbanism, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: gradcenter@mail.ru).

**Maksimova Svetlana** (Perm, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Architecture and urbanism, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolskiy av., 29, e-mail: gradcenter@mail.ru).

**Schulz Dmitry** (Perm, Russia) – Ph.D., Associate Professor of the Department of Architecture and urbanism, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolskiy av., 29, e-mail: gradcenter@mail.ru).

**Mikushin Petr** (Perm, Russia) – specialist of CJSC «PROGNOZ» (614000, Perm, Stakhanovskaya st., 54b, e-mail: mikushin@prognoz.ru).

**Lorenz Piotr Zbigniew** (Gdansk, Poland) – Professor, Doctor of architecture, Head of Department of urban planning and regional planning, Gdansk University of technology (Poland, Gdansk, ul. Narutowicza, 11/12, e-mail: plores@pg.gda.pl).