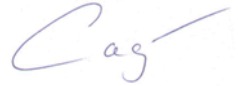


На правах рукописи



Садыков Артур Мунавирович

**Методы и средства поддержки принятия решений
по размещению промышленных объектов
на основе моделей зонирования**

Специальность

05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка
информации (промышленность)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново - 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования (ФГБОУ ВПО) «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».

Научный руководитель доктор технических наук, профессор Косяков Сергей Витальевич.

Официальные оппоненты:

Александров Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», г. Москва, профессор кафедры «Инновационное предпринимательство»;

Денисов Артём Руфимович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Костромской государственный университет имени Н.А. Некрасова», г. Кострома, заведующий кафедрой «Биотехнические, технологические и информационные системы».

Ведущая организация ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород.

Защита состоится «21» мая 2014 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д212.025.01, созданного на базе ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), адрес: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ауд. 335-1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ВлГУ: diss.vlsu.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2014 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, направлять по адресу университета: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ, ученому секретарю диссертационного совета Д212.025.01.

Ученый секретарь диссертационного совета



Н.Н. Давыдов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности

В современных экономических условиях задача размещения объектов производственной и коммунальной сферы регионального и местного значения решается на принципах самоокупаемости и прибыльности. Это предполагает привлечение инвесторов для строительства и реконструкции различных объектов строительства. Ограниченность инвестиционных ресурсов требует повышенного внимания к различным аспектам планирования инвестиций и, в частности, к рассматриваемой в данном исследовании задаче выбора мест размещения производственных объектов на территории с учетом конкретных особенностей земельных участков, на которых будет осуществляться деятельность инвестора.

Принятие решений по размещению промышленных объектов является сложной, трудно формализуемой, многокритериальной задачей, при решении которой целесообразно использовать научные методы системного анализа и теории принятия решений. В качестве критериев оценки вариантов размещения рассматриваются пространственные (географические) факторы, в частности возможность и стоимость использования энергетических, трудовых, транспортных и природных ресурсов. Важное место в анализе вариантов размещения объектов занимают градостроительные ограничения, различные нормативные требования, учет влияния объектов на процессы развития территории. Это обуславливает комплексный характер рассматриваемой задачи и необходимость согласованного исследования различных территориальных факторов. Кроме того, такого рода задачи всегда сопровождаются сложной проблемой поиска и согласования множества данных из различных источников.

В последние годы в связи с активным развитием географических информационных систем (ГИС), появлением различных федеральных, отраслевых, региональных и муниципальных информационных систем в сети Интернет быстро растет объем открытой и доступной для анализа информации. Эта информация может быть использована для решения задач размещения предприятий и организации информационной поддержки принятия решений инвесторами. Однако для этого требуются комплексные специализированные методики, основанные на обработке информации и реализованные в составе систем поддержки принятия решений (СППР). Разработка таких методик и программных средств для их реализации является актуальной задачей для органов региональной власти и местного самоуправления, заинтересованных в повышении инвестиционной привлекательности подведомственных территорий.

Рассматриваемые в работе проблемы связаны с исследованиями, которые проводятся в рамках нескольких научных направлений. Различные методы моделирования сложных явлений и процессов отражены в работах ученых Ю. Б. Гермейера, Н. Н. Моисеева, В. Н. Буркова, Ю. М. Горского, И. В. Прангишвили, М. Месаровича и Дж. Клира, А. В. Кострова, М. Г. Левина и др.

Теоретические основы решения задач размещения в оптимизационной постановке освещены в работах отечественных и зарубежных ученых В. Л. Береснева, Ю. А. Кочетова, Э. Х. Гимади и др. В России существует несколько широко известных научных школ отраслевой направленности. В частности, проблемы оптимизации размещения объектов энергетики представлены в трудах Д. А. Арзамасцова, Н. И. Воропая. Задачи географического анализа в среде ГИС исследованы в работах А. В. Кошкарева, В. С. Тикунова и др.

Несмотря на большое количество научных работ, затрагивающих различные аспекты задачи выбора и оценки мест размещения объектов на территории, на уровне малого и среднего бизнеса эта задача решается чаще всего на основе субъективных оценок. Это обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований и разработок, направленных на создание СППР, ориентированных на массовое применение, которые позволят широкому кругу заинтересованных лиц принимать более обоснованные решения при размещении объектов, в том числе малого и среднего бизнеса.

Объект исследования — системы ресурсного обеспечения и административного планирования территориального развития градостроительных комплексов.

Предмет исследования — процедуры принятия решений территориального инвестиционного развития городской промышленно-коммунальной инфраструктуры.

Целью работы является обеспечение достоверности и повышение оперативности принятия решений по территориальному размещению промышленных объектов.

Для достижения означенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить анализ методов учета пространственных факторов при выборе и оценке земельных участков для размещения промышленных объектов различного назначения.
2. Разработать метод поиска и анализа вариантов размещения промышленных объектов с использованием различных источников пространственных данных.
3. Разработать методы и алгоритмы построения моделей, необходимых для формирования и оценки альтернатив размещения промышленных объектов.
4. Разработать комплекс программных средств для решения задач размещения в среде ГИС и создания СППР по размещению промышленных объектов на территории городов.

Научная новизна работы:

- разработаны специализированный метод построения моделей зонирования территории по стоимости технологического присоединения объектов к инженерным сетям и модернизированный алгоритм поиска путей на графе;

- предложен оригинальный подход к решению задачи формирования и оценки вариантов размещения промышленных объектов, основанный на использовании моделей зонирования в среде ГИС;

- доказана перспективность применения разработанных подходов и методов при создании СППР с использованием средств интеграции различных программных комплексов ГИС и распределенных в сети Интернет баз пространственных данных на основе международных стандартов;

- введен дополнительный элемент критериальной функции поиска оптимального пути, позволивший свести задачу поиска минимального по стоимости варианта присоединения к источнику ресурса с использованием модифицированного алгоритма Дейкстры.

Теоретическая значимость исследования обоснована следующим:

- доказаны положения и методики, вносящие вклад в расширение представлений о задачах выбора мест размещения промышленных объектов;

- применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс базовых методов пространственного анализа вариантов размещения промышленных объектов в среде ГИС;

- изложены идеи применения моделей зонирования, реализуемых средствами ГИС, для решения задач формирования и оценки альтернатив размещения промышленных объектов;

- раскрыто несоответствие ранее используемых методов выбора и оценки альтернатив размещения объектов интересам инвесторов и органов территориального управления, выявлена проблема оценки стоимости присоединения объектов к сетям инженерных коммуникаций на стадии инвестиционного планирования;

- изучены географические факторы, влияющие на оценку вариантов размещения объектов на территории, связи процесса анализа вариантов размещения с процессами сбора и анализа пространственных данных из различных источников;

- проведена модернизация математической модели и алгоритма поиска путей на графе путем включения дополнительного элемента в критериальную функцию, что позволило выполнить расчет минимальной стоимости присоединения промышленного объекта с заданными характеристиками потребления к различным видам инженерных сетей при его размещении в заданной точке территории.

Практическая значимость

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается следующим:

- разработаны и внедрены инструментальные и прикладные программные средства, позволяющие создавать СППР, предназначенные для информационной поддержки принятия решений по размещению промышленных объектов;

- определены перспективы применения разработанных методов и средств поддержки принятия решений для задач инвестиционного анализа в сфере малого и среднего бизнеса, а также задач при планировании развития инженерной инфраструктуры территорий в сфере муниципального управления и энергетики;

- создана система практических рекомендаций и примеров по реализации прикладных программных средств для информационной поддержки принятия решений по размещению различных объектов на территориях городов;

- представлены предложения по созданию СППР, поддерживаемых органами территориального управления, в целях повышения инвестиционной привлекательности территорий для представителей малого и среднего бизнеса.

Методология и методы исследования. Решение поставленных задач осуществлялось с использованием методов системного анализа, геоинформатики, теории множеств, теории графов, методологии объектно-ориентированного анализа и проектирования.

Положения, выносимые на защиту:

- решения задачи формирования и оценки вариантов размещения промышленных объектов, основанные на использовании моделей зонирования в среде ГИС, определяют возможность выбора оптимальных вариантов размещения промышленных объектов в условиях многокритериальности;

- специализированный метод построения моделей зонирования территории по стоимости технологического присоединения объектов к инженерным сетям допускает получение оценки любого варианта размещения промышленного объекта на рассматриваемой территории при выборе его местоположения;

- модернизация алгоритма поиска путей на графе обеспечивает возможность применения данного алгоритма для прогнозирования стоимости присоединения к различным видам инженерных сетей промышленного объекта с заданными характеристиками потребления в искомой точке территории.

Степень достоверности результатов исследования обусловлена тем, что:

- для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

- теория построена на известных проверяемых данных с использованием методов теории принятия решений, теории моделирования, теории эксперимента, программирования и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

- идея базируется на анализе практики, передового опыта и основах теории моделирования, методах системного анализа и математической статистики;

- использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;
- установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;
- использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, а также новейшие способы и средства хранения информации с применением средств вычислительной техники.

Апробация результатов

Основные результаты диссертации были получены и использованы в рамках реализации Федеральной целевой программы (ФЦП), а также ряда госбюджетных и хоздоговорных научно-исследовательских работ (НИР), в том числе:

- «Разработка моделей, методов и программных средств агрегирования информации в процессах управления территориальными организационно-техническими системами» (по Государственному контракту с Минобрнауки РФ от 18 августа 2009 г. № П871 в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 годы);
- «Разработка моделей и методов пространственного моделирования территориально распределенных технических систем» (Государственное задание Минобрнауки РФ на 2012-2014 годы № 8.5067.2011);
- «Разработка и внедрение новой подсистемы ГИС в составе АИС «ИЗК» для ведения распределенной базы пространственных данных средствами СУБД» (Договор с Комитетом по управлению имуществом Администрации г. Иваново от 19 апреля 2013 г. № 53/13);
- «Разработка информационной системы категорированного учета населения и объектов жилищного фонда» (Договор с Администрацией г. Иваново от 1 октября 2012 г. № 82/12);
- «Разработка программных средств формирования карты электрических сетей Костромской области и анализа условий технологического присоединения потребителей» (Договор субподряда № 499/12 от 1 декабря 2012 г. Заказчик - филиал ОАО МРСК-Центр «Костромаэнерго») и другие НИР.

Разработанные методы и средства внедрены в Администрации города Иваново; в Филиале ОАО МРСК-Центр «Костромаэнерго»; в Ивановском городском комитете по управлению имуществом; в учебном процессе на кафедре «Программное обеспечение компьютерных систем» ИГЭУ. Акты внедрения результатов исследования приведены в Приложении.

Результаты диссертации обсуждались на международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии» («Бенардосовские чтения», ИГЭУ, Иваново, 2011, 2012), на всероссийской научно-технической конференции «Модернизация отраслевой производственной инфраструктуры» (КГУ, Кострома, 2012), на всероссийской научно-технической конференции «Вузовская наука - региону» (ВоГТУ, Вологда, 2012), на региональной научно-технической

конференции студентов и аспирантов «Энергия» (ИГЭУ, Иваново, 2013). По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 4 статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК, 3 статьи в сборниках и периодических изданиях, получено 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. По теме диссертации опубликовано 6 отчетов о НИР, в которых автор указан в списке исполнителей.

Диссертационная работа включает введение, четыре главы, заключение, список литературы из 155 наименований, 6 приложений. Объем диссертации 144 страниц, включены также 49 рисунков, 10 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, приведены цель и основные задачи работы, указываются методы исследования. Дается краткое содержание основных разделов диссертации, приводятся сведения о внедрении, апробации и публикации результатов работы.

В первой главе «Исследование условий и существующих методов поддержки принятия решений по размещению объектов на территориях» приводятся характеристика предметной области исследования, результаты анализа существующих подходов к решению задач развития территорий и размещения на них производственных объектов. Рассматриваются существующие источники пространственных данных, необходимых для принятия решений, новые источники данных в сети Интернет и законодательная основа раскрытия данных, расширяющая круг этих источников.

Излагаются традиционные подходы, используемые в рамках градостроительной деятельности, основанные на использовании моделей зонирования территорий для учета пространственных факторов и ограничений при решении задач размещения различных объектов. Исследуются возможности современных ГИС для решения задач зонирования. Приводятся сведения о методах решения задач размещения энергетических объектов и методах экономического анализа решений по размещению промышленных объектов.

На основе проведенного анализа делается вывод о том, что выбор земельных участков для размещения промышленных объектов является комплексной задачей, при решении которой инвесторам приходится учитывать множество различных факторов. При этом отсутствуют простые и доступные способы комплексного учета множества пространственных факторов, влияющих на размещение объекта. Формулируется гипотеза о том, что значительная часть важных факторов анализа может быть представлена в виде моделей зонирования и учтена при формировании и оценке альтернатив размещения путем операций над множеством моделей зонирования.

Во второй главе «Разработка метода поиска и анализа вариантов размещения промышленных объектов в ГИС» изложены результаты

разработки метода автоматического выбора и оценки вариантов размещения промышленных объектов, основанного на использовании моделей зонирования, создаваемых средствами ГИС.

Выявлены географические факторы, влияющие на принятие решения о размещении объектов, и показано, что большинство из них могут выступать в виде критериев и ограничений в задачах размещения. При этом критерии и ограничения могут быть представлены на карте территории в унифицированном виде зон. При этом зоны рассматриваются как отношения в системе, включающей описание земельных участков, которые группируют эти участки по признакам пространственной близости и близости значения некоторого критерия.

Для известной формальной модели задачи принятия решения выбрана содержательная интерпретация исходных данных для порождения альтернатив, правил порождения альтернатив, критериев для оценки и сравнения альтернатив. Показано, что в общем случае задача сводится к минимизации затрат (Z) и/или максимизации эффектов (P), зависящих от местоположения объекта (1):

$$Z = \sum_i Z_i \rightarrow \min ; P = \sum_j P_j \rightarrow \max . \quad (1)$$

Необходимые для анализа исходные данные о состоянии экономической, технической и социальной структуры территории при формировании альтернатив могут быть получены в Интернет и представлены среде ГИС.

При решении задач размещения объектов в настоящее время процессы формирования, оценки и выбора альтернатив выполняются в виде неформализованных процедур. При этом могут использоваться экспертные оценки или отдельные, не связанные друг с другом экономические и инженерные расчеты. В ряде случаев используются частные методики, ориентированные на узкие прикладные области и требующие сбора специфических данных. Другим недостатком существующих методов анализа является использование ограниченного набора исходных альтернатив. Это множество обычно формируется экспертами вручную и является довольно ограниченным.

Основная идея предложенного подхода к автоматизации выбора и оценки вариантов размещения промышленных объектов по множеству критериев $K = \{k_i | i = \overline{1, I}\}$ заключается в сведении всех исходных данных, альтернатив и решений к унифицированным моделям зонирования M_i , каждая из которых представляется в виде множеств непересекающихся полигонов в слое карты. Каждый полигон определяется вектором координат g_j , который указывает на карте границу однородной области по значению критерия k_i . Это значение представляется в виде атрибута a_j , в котором записывается усредненное по площади полигона значение этого критерия. Таким образом, распределение значения каждого критерия оценки k_i по территории представляется в виде модели зонирования (2):

$$M_i = \{ \langle g_j, a_j \rangle | j = \overline{1, J} \}, \quad (2)$$

где j — номер полигона в слое.

Задачи моделирования и многокритериального анализа в этом случае сводится к построению комплексной модели зонирования M^* , которое производится с помощью алгоритмически заданной функции (3):

$$F(\{M_i\}) \rightarrow M^*, \quad (3)$$

и применению известных методов решения оптимизационных задач на множестве атрибутов (4):

$$A = \{a_{ij} \mid i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}\}, \quad (4)$$

где i — номер пространственного критерия (слоя), j — номер полигона в слое.

Функция F формируется средствами теоретико-множественных операций над полигональными слоями, реализуемыми в ГИС. Многокритериальный анализ сводится к использованию известных методов оптимизации: определению главного критерия, суммированию взвешенных критериев, построению области Парето и др. Общая схема метода представлена на рисунке 1.

В качестве примера в работе рассмотрена задача выбора земельного участка для размещения объекта на территории города Иваново по трем критериям: 1) близость к существующим газопроводам среднего давления, 2) нахождение в зонах промышленного использования, 3) относительно малая стоимость присоединения к электрической сети потребителя мощностью 150 кВт. Площадь требуемого участка составляла 1500 м². В результате была построена карта комплексного зонирования города по трем выбранным критериями.

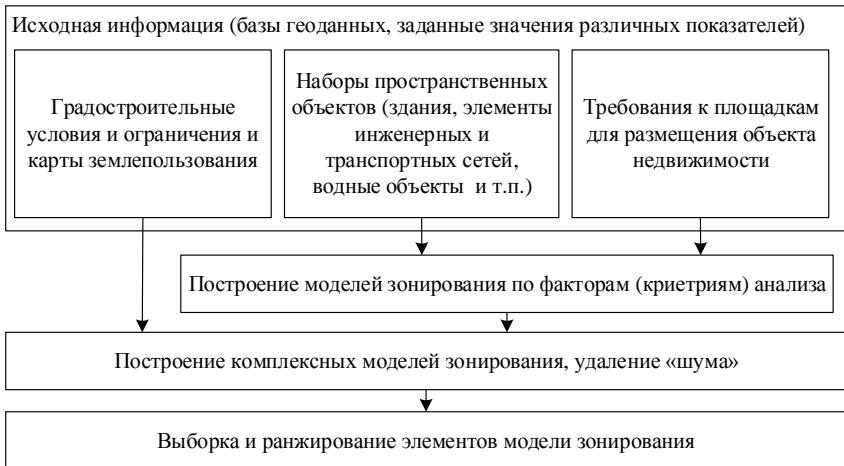


Рисунок 1 — Схема метода выбора и анализа альтернатив размещения объекта

В третьей главе «Разработка и исследование методов и алгоритмов построения моделей зонирования» приводятся результаты разработки методов и алгоритмов построения моделей зонирования по стоимости технологического присоединения к сетям инженерных коммуникаций вида (4).

Исходными данными для построения моделей зонирования в общем случае служит множество точечных, линейных и площадных географических объектов e_j , представленных на карте в виде множества слоев S . Каждому слою $s_i = \{e_j \mid j = \overline{1, J}\}$, $s_i \in S$ сопоставлен вектор атрибутов $A_i = \langle a_{i1}, \dots, a_{in} \rangle$. Задача построения модели зонирования может быть представлена как алгоритмически определенная функция вида (3). Вычисление агрегированных для зон значений атрибутов a_j сводится к суммированию или некоторому пространственному интегралу по площади участка для непрерывных величин.

В работе показано, что часть таких функций реализуется с помощью традиционных методов ГИС, например в среде известной ГИС-платформы ArcGIS. В то же время при решении задач анализа размещения производственных объектов возникают специфические задачи построения моделей зонирования, для решения которых необходимо разрабатывать специализированные методы. Одной из наиболее значимых и востребованных на практике задач является определение стоимости технологического присоединения размещаемого объекта к инженерным сетям. Автором в соавторстве разработан метод, позволяющий прогнозировать стоимость такого присоединения для всех земельных участков территории и представлять ее в виде модели зонирования для последующего комплексного анализа.

Разработанный метод и его применение удобно показать на примере решения задачи ранжирования земельных участков города по стоимости технологического присоединения к электрическим сетям низкого напряжения (0,4 кВ). На рисунке 2 приведен фрагмент карты города с исходными данными для анализа (слева) и карта с результатами анализа (справа).



Рисунок 2 — Пример построения модели зонирования

На исходной карте линиями показаны границы земельных участков (ЗУ) с имеющимися на них зданиями, черными точками — электрические подстанции (ЭП), для которых известны установленные мощности и величины резервов (данные раскрытия информации). На результирующей карте показана вся площадь города Иваново, на которой с помощью разработанного метода построены зоны, где нормативная стоимость технологического присоединения потребителя мощностью 50 кВт составляет менее 300 тыс. рублей (светлая заливка на правой части рисунка).

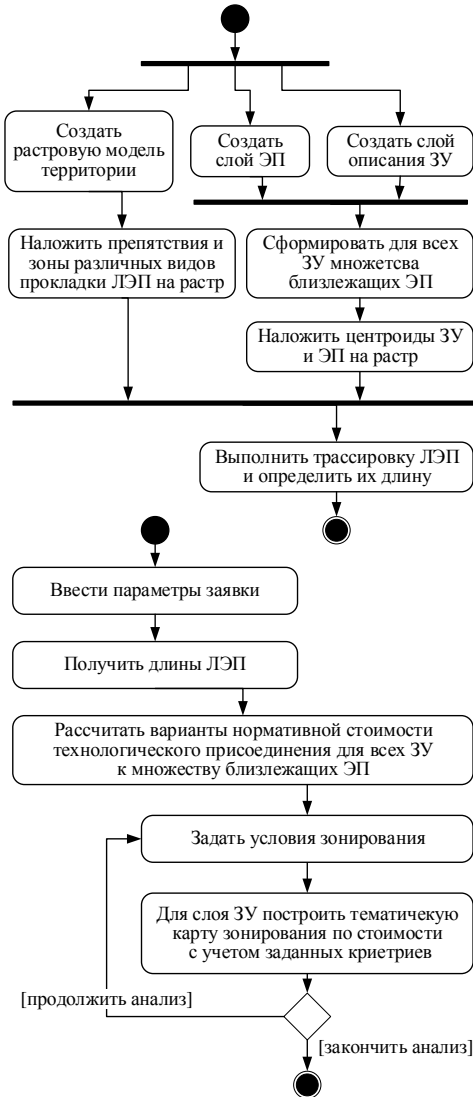


Рисунок 3 – Диаграмма деятельности метода зонирования

Расчет нормативной стоимости присоединения потребителя осуществлялся по утвержденным федеральной и региональной комиссиями по тарифам методикам. В них при определении платы учитываются показатели: L — протяженность воздушных и (или) кабельных линий, строительство которых предусмотрено согласно выданным техническим условиям, и N — объем максимальной мощности, указанный в заявке. Остальные элементы расчетных формул известны из нормативных документов.

Задача алгоритма заключается в поиске для каждого ЗУ в городе минимального по стоимости варианта присоединения к близлежащим ЭП. При этом необходимо учитывать реальные условия прохождения ЛЭП и величину резерва на каждой ЭП. Например, при отсутствии достаточного резерва на ближайшей ЭП будет выгоднее подключить потребителя к более удаленной ЭП с достаточным резервом, поскольку затраты на прокладку более длинной ЛЭП окажутся

меньше, чем затраты на подключение к более удаленной ЭП с достаточным резервом. Таким образом, алгоритм позволяет находить оптимальный вариант присоединения потребителя к электросети города Иваново с учетом реальных условий прохождения ЛЭП и величины резерва на каждой ЭП.

ниже затрат на ввод новых мощностей на ЭП.

Общая схема построения и использования модели зонирования для выбора участка по критерию прогнозируемой величины стоимости технологического присоединения к электрической сети приведена на рисунке 3. На основе данной схемы разработан обобщенный метод анализа стоимости присоединения к различным видам сетей, который отличается учетом возможности «врезки» к существующим трубопроводам и выходам на ближайшие проезды по дорожной сети. В этом случае необходимо строить прогнозируемые маршруты прохождения кратчайших трасс к линейным объектам.

Наиболее сложным элементом метода является автоматическая оценка протяженности участков инженерных сетей, которые потребуется построить. В работе предложен и реализован алгоритм, позволяющий оценивать длину трасс различных видов инженерных коммуникаций, которые требуется прокладывать при присоединении к существующим сетям с учетом существующих препятствий. В его основу положены методы растеризации векторных моделей в ГИС и известный алгоритм Дейкстры.

С учетом особенностей решаемой задачи, которая включает поиск для каждого места размещения минимального по стоимости варианта присоединения к источникам с учетом имеющихся на них резервов мощности, математическая постановка задачи приобретает вид (5):

$$\begin{aligned} & \sum_i \sum_j c_{ij} f_{ij} + \sum_j f_{jt} b_j \rightarrow \min ; \\ & \sum_j f_{sj} - \sum_j f_{js} = 1, \quad \sum_j f_{ij} - \sum_j f_{ji} = 0, \quad i \neq s, i \neq t, \quad \sum_j f_{ij} - \sum_j f_{jt} = -1, \end{aligned} \quad (5)$$

где s и t — номера узлов истока и стоков; $f_{ij} \geq 0$ — поток через дугу сети; c_{ij} — стоимость прохождения потока через дугу сети; b_j — стоимость использования стока t из множества доступных стоков T .

Особенности работы предложенного алгоритма позволяют использовать его для определения длины трасс как для точечных, так и для линейных объектов с возможностью проверки существующего резерва мощности. Особенности следуют из условий применения данного алгоритма в разработанном методе построения моделей зонирования и касаются также обработки ситуаций, в которых решение не может быть найдено. В нем применяются различные эмпирические правила, позволяющие обходить различные ситуации, когда решение задачи не может быть найдено вследствие особенностей сгенерированной автоматически растровой модели.

В четвертой главе «Разработка программных средств ГИС для решения задач размещения объектов» приводится описание реализации инструментального программного комплекса для создания СППР на основе методов зонирования и примеры разработки на его основе прикладных и экспериментальных информационных систем, реализующих функции СППР, с использованием разработанных методов.

Инструментальный программный комплекс «Геоинформационная система моделирования и анализа территориально распределенных технических систем (ГИС МодА)», в состав которого включена библиотека программных средств, реализующих разработанные методы и алгоритмы, разработан в рамках проекта Федеральной целевой программы «Научно-педагогические кадры инновационной России». Программа зарегистрирована в Роспатенте и внедрена в ряде предприятий. Проданы несколько неисключительных лицензий на ее использование в различных организациях.

На основе данного комплекса программ с участием автора создан ряд прикладных информационных систем, в которых решаются задачи анализа размещения технических объектов на территории. Одной из таких систем является геоинформационная система учета и анализа технологических присоединений к электрическим сетям, позволяющая автоматизировать процессы анализа заявок на технологические присоединения новых потребителей. Программный комплекс включает средства для ввода, отображения, хранения и анализа пространственных данных об объектах электрических сетей разных классов напряжений, выгружаемые из корпоративной базы данных Межрегиональной распределительной сетевой компании. Для отображения и анализа данных используются цифровые карты открытого ресурса OpenStreetMap, а также данные о границах земельных участков Государственного земельного кадастра и спутниковые снимки картографических сервисов для точного определения координат земельного участка заявителя. Ввод границ участка может также осуществляться по космическому снимку, подгружаемому средствами веб-сервиса. В главе также приводятся описание средств зонирования в составе автоматизированной информационной системы «Категоризированный учет населения», внедренной в Администрации города Иваново, и результаты построения различных моделей зонирования территории города Иваново на экспериментальном сайте анализа мест размещения объектов по условиям электроснабжения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследованы методы решения задач поддержки принятия решений при выборе участков для размещения промышленных объектов различного назначения на территориях городов, основанные на использовании моделей зонирования территорий, поддерживаемых средствами ГИС.

Основные теоретические и практические результаты работы

1. Выполнен анализ методов учета пространственных факторов при выборе и оценке земельных участков для размещения промышленных объектов. Выявлены возможности представления различных географических факторов и ограничений, влияющих на выбор местоположения объектов в виде моделей зонирования в среде ГИС.

2. Предложен новый подход к решению задач формирования и оценки вариантов размещения промышленных объектов, основанный на построении комплексной модели зонирования, позволяющей проводить многокритериальный анализ земельных участков.

3. Разработан новый метод расчета затрат на присоединение промышленных объектов к сетям инженерных коммуникаций на стадии поиска и предварительного инвестиционного анализа вариантов размещения с учетом конфигурации существующей застройки территории.

4. Проанализированы возможности применения существующих алгоритмов построения оптимальных маршрутов на растровых картографических моделях для решения задач прогнозирования трасс инженерных коммуникаций. Предложен и реализован модернизированный алгоритм для моделирования маршрута трассы для присоединения промышленных объектов к существующим коммуникациям, учитывающий особенности присоединения к различным видам инженерных сетей и наличие резервов в источниках ресурсов.

5. Разработан инструментальный программный комплекс для решения задач анализа размещения объектов на основе применения моделей зонирования, который обеспечивает возможность использования различных программных платформ разработки ГИС и распределенных решений в сети Интернет. На базе программного комплекса реализованы несколько прикладных программных продуктов.

Результаты работы были применены при разработке различных информационных систем, позволяющих решать задачи поддержки принятия решений с использованием моделей зонирования в различных сферах муниципального управления и энергоснабжения.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке СППР в сети Интернет, ориентированных на публичное использование широким кругом лиц, в первую очередь представителями малого и среднего бизнеса, при инвестиционном планировании и поиске вариантов размещения промышленных объектов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные статьи, опубликованные в изданиях перечня ВАК

1. Косяков, С. В. Метод зонирования территории по стоимости технологического присоединения к электрическим сетям [Текст] / С. В. Косяков, А. М. Садыков // Вестн. ИГЭУ. — 2013. — Вып. 5. — С. 77—81. (Соискатель 50%)

2. Косяков, С. В. Построение и публикация в сети Интернет карт зонирования систем энергоснабжения территорий [Текст] / С. В. Косяков, Е. Р. Пантелеев, А. М. Садыков // Вестн. ИГЭУ. — 2012. — Вып. 5. — С. 59—62. (Соискатель 30%)

3. Косяков, С. В. Моделирование пространственных данных при решении задач дискретной оптимизации в среде ГИС [Текст] / С. В. Косяков, А. Б. Гадалов, А. М. Садыков // Информационные технологии. — 2012. — № 7. — С. 27—31. (Соискатель 30%)

4. Косяков, С. В. Моделирование и анализ систем энергоснабжения территорий методами зонирования и агрегирования информации [Текст] / С. В. Косяков, А. М. Садыков // Вестн. ИГЭУ. — 2011. — Вып. 4. — С. 55—60. (Соискатель 50%)

Публикации в других изданиях

5. Косяков, С. В. Мягие вычисления в построении карт зонирования территорий по параметрам систем энергоснабжения [Текст] / С. В. Косяков, С. С. Новосельцева, А. М. Садыков // Состояние и перспективы развития электротехнологии (XVII Бенардосовские чтения) : материалы междунар. науч.-техн. конф. / ИГЭУ; Академия электротехн. наук РФ. — Иваново, 2013. — С. 338—341. (Соискатель 30%)

6. Садыков, А. М. Метод поддержки принятия решения по размещению промышленных объектов на основе моделей зонирования [Текст] / А. М. Садыков // Энергия 2013 : тез. докл. регион. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / ИГЭУ. — Иваново, 2013. — С. 238—240.

7. Садыков, А. М. Пространственное моделирование и анализ систем энергоснабжения территорий [Текст] / А. М. Садыков // Вузовская наука — региону : материалы X всерос. науч.-техн. конф. / Вологод. гос. ун-т. — Вологда : ВоГТУ, 2012. — Т. 1. — С. 161—163.

8. Косяков, С. В. Разработка методов и средств анализа проектных рисков при выборе мест размещения производственных и энергетических объектов на базе ГИС и интернет-технологий [Текст] / С. В. Косяков, А. М. Садыков // Модернизация отраслевой производственной инфраструктуры : тез. докл. науч.-практ. конф. / КГУ им. Н. А. Некрасова. — Кострома, 2012. — С. 76—80. (Соискатель 50%)

9. Садыков, А. М. Дискретные задачи размещения объектов в геоинформационных системах [Текст] / А. М. Садыков // Инновационные проекты молодых ученых за 2011 г. : сб. отчетов / ИГЭУ. — Иваново, 2012. — Т. 2. — С. 148—151.

10. Косяков, С. В. Разработка метода поддержки принятия решений по реконструкции городских систем энергоснабжения с учетом пространственных факторов [Текст] / С. В. Косяков, А. М. Садыков // Состояние и перспективы развития электротехнологии (XVI Бенардосовские чтения) : материалы междунар. науч.-техн. конф. / ИГЭУ; Академия электротехн. наук РФ. — Иваново, 2011. — С. 360—362. (Соискатель 50%)

Свидетельства на программные продукты

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Геоинформационная система моделирования и анализа территориально распределенных технических систем (ГИС МодА) / А. М. Садыков [и др.] ; № 2012616621. 24.07.2012. — М. : ФИПС.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Геоинформационная система учета и анализа технологических присоединений к электрическим сетям «ЭнерГИС» / А. М. Садыков [и др.]; № 2014610605. 15.01.2014. — М. : ФИПС.

Подписано в печать «___» _____ 2014 г. Формат 60x84^{1/16}

Печать плоская. Усл. печ. л. 1.0. Тираж 100 экз. Заказ № _____

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина».

Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.