

УДК 004.414

Применение ГИС для анализа условий технологического присоединения к электрическим сетям

С.В. Косяков, А.М. Садыков
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
г. Иваново, Российская Федерация
E-mail: ksv@ispu.ru

Авторское резюме

Состояние вопроса: Действующее законодательство в области энергоснабжения устанавливает процедуру технологического присоединения к электрическим сетям, которая, в частности, предполагает различную плату и различный порядок заключения договоров в зависимости от присоединяемой мощности и расстояния от границ земельного участка заявителя до объектов электросетевого хозяйства снабжающей организации. В настоящее время определение указанного расстояния требует выезда представителей организации на место, что сопряжено с затратами времени и ресурсов в процессе подготовки технических условий, особенно при расположении заявителя в отдаленной местности.

Материалы и методы: Используются методы ГИС-технологий, данные государственного земельного кадастра, доступные в виде веб-сервисов в сети Интернет, и результаты сбора данных о расположении объектов сетей эксплуатирующими организациями для создания автоматизированной системы поддержки принятия решений по определению платы за технологическое присоединение.

Результаты: Предложен метод автоматизированной оценки условия определения платы за технологическое присоединение к электрическим сетям по расстоянию от границ земельного участка заявителя до объектов электросетевого хозяйства, который предусматривает интеграцию данных из различных источников с помощью Интернет-сервисов. Для реализации метода разработана программа для ЭВМ.

Выводы: Полученные результаты позволяют сократить время и затраты на подготовку договоров технологического присоединения в электросетевых компаниях.

Ключевые слова: ГИС-технологии, технологическое присоединение, технические условия, пространственный анализ, расположение объектов электрической сети.

Gis-based analysis of spatial conditions of new consumer connection to the power grid

S.V. Kosyakov, A.M. Sadykov
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russian Federation
E-mail: ksv@ispu.ru

Abstract

Background: The existing legislation in the field of energy supply sets the procedure of technological connection to electric networks. Among other things, the procedure stipulates different prices and order of concluding contracts depending on the power capacity to be added and the distance from the applicant's land plot boundaries to the power supply networks of the utility company. The specified distance is currently measured by the company representatives on the spot, which requires time and resources in the process of technical specifications preparation, especially when the applicant's location is in remote areas.

Materials and methods: In order to develop an automated decision making support system for calculating grid connection prices, we used GIS methods, data of the state land cadastre, available as web services in the Internet, and the collected data about the location of network facilities operated by utility companies.

Results: A method has been suggested for automatic estimation of grid connection price setting conditions according to the distance from the applicant's land plot boundaries to the power supply networks, which assumes integration of data from different sources with the help of Internet services. A computer program has been developed to implement this method.

Conclusions: The obtained results allow power grid companies to reduce the time and costs required for grid connection contracts preparation.

Key words: GIS, grid connection, technical specifications, tridimensional analysis, power grid facility location.

DOI: 10.17588/2072-2672.2015.5.076-080

Введение. Начиная с 2004 года в России в целях содействия развитию конкуренции на рынке производства и сбыта электроэнергии, защиты прав потребителей электроэнергии и в

соответствии с Федеральным законом №35-ФЗ «Об электроэнергетике» введена процедура технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей к

электрическим сетям. Постановлением Правительства РФ от 27.12.2004 №862 утверждены «Правила технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих электросетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям» (далее – Правила). Правила определяют порядок технологического присоединения энергопринимающих устройств (ЭПУ) потребителей, регламентируют процедуру технологического присоединения, определяют существенные условия договоров об осуществлении технологического присоединения, устанавливают требования к выдаче технических условий.

В соответствии с Правилами, заявитель подает в территориальную сетевую организацию заявку с приложением установленных документов, в которых, в частности, определены максимальная мощность ЭПУ и их географическое расположение. Сетевая организация обязана в течение 30 дней со дня получения заявки подготовить проект договора об осуществлении технологического присоединения и технические условия как неотъемлемое приложение к договору. При этом число заявок в год по каждой региональной энергетической компании составляет десятки тысяч.

В [1, 2] показано, что в условиях большого количества поступающих заявок и ограничений по срокам подготовки договоров управление процессами технологического присоединения представляет собой сложную организационно-техническую проблему, которая должна решаться путем создания автоматизированных информационных систем.

Задача исследования и исходные данные для ее решения. Плата по договору об осуществлении технологического присоединения может существенно отличаться в зависимости от условий присоединения. Особенно важное значение как для сетевых организаций, так и для многих других потребителей имеет требование законодательства о применении льготной ставки по плате в размере 550 рублей для большей части присоединяемых потребителей. По льготной плате могут присоединиться физические и юридические лица (в том числе, субъекты малого и среднего бизнеса) при следующих условиях:

- если присоединяемая мощность не более 15 кВт;
- если расстояние от границ участка заявителя до объектов электросетевого хозяйства составляет не более 300 метров в городской местности и не более 500 метров в сельской.

Таким образом, при рассмотрении каждой заявки, в которой присоединяемая мощность имеет величину не более 15 кВт, необходимо измерить расстояние от границ участка заявителя до ближайших объектов электросетевого хо-

зяйства. С учетом того, что число заявок велико, а расстояние от офисов электросетевых компаний, где принимаются решения, до земельных участков заявителей может составлять десятки и сотни километров, определение фактов соблюдения условий по расстоянию от границ участка заявителя до объектов электросетевого хозяйства для каждой заявки становится существенной проблемой. Организация выезда по каждой заявке на место для проведения измерений становится дополнительной статьей затрат компании. Это обуславливает потребность в применении ГИС-технологий для быстрой оценки расстояний от границ участка заявителя до объектов электросетевого хозяйства в процессе подготовки проектов договоров об осуществлении технологического присоединения.

Современные ГИС-технологии предлагают широкий набор методов и средств измерения расстояний на картах с использованием различных систем координат и картографических проекций [3, 4]. Но при этом все используемые системы координат и параметры для их взаимного преобразования должны быть определены, что не всегда имеет место на практике.

Предпосылкой для решения задачи анализа расстояний с использованием ГИС является внедрение на предприятиях информационных систем, предусматривающих сбор и хранение в базах данных географических координат объектов электросетевого хозяйства, включая координаты опор ЛЭП. В частности, в компании МРСК Центра внедрен модуль РМ (ТОПО) в системе SAP R/3¹, предусматривающий ввод положения каждой опоры ЛЭП на основе данных GPS-навигации. Координаты объектов в данной системе представлены в глобальной системе координат WGS84 в градусах широты и долготы. За последние годы компаниями накоплены значительные объемы таких данных, что позволяет автоматически наносить объекты электросетевого хозяйства средствами ГИС на различные карты и данные космической съемки, представленные в сети Интернет.

При подаче заявки на технологическое присоединение заявитель обязан приложить пакет документов, в который входят:

- план расположения ЭПУ;
- копия документа, подтверждающего

право собственности на объект капитального строительства и (или) земельный участок, на котором расположены (будут располагаться) объекты заявителя, либо право собственности на ЭПУ.

¹ Филиал ОАО «МРСК Центра» – «Тверьэнерго» формирует модуль РМ (ТОПО) в системе SAP R/3. Сайт компании МРСК Центра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mrsk-1.ru/press-center/news/branches/9526/>

Однако данные документы не содержат географических координат объектов заявителя. Чаще всего в таких документах используются местные метрические системы координат, параметры связи которых с системой координат WGS84 неизвестны либо вообще не представлены координатные описания. Указанное обстоятельство не позволяет выполнить анализ взаимного расположения объектов заявителя и сетевой организации без проведения дополнительных измерений на местности.

Задача работы заключалась в поиске эффективного метода, обеспечивающего получение из доступных источников пространственных данных по границам земельных участков заявителей и объектам электросетевых компаний, а также их совместный анализ в среде ГИС для оценки расстояний, определяющих плату по договору об осуществлении технологического присоединения. Очевидно, что такой метод должен быть сопряжен с меньшими затратами и уменьшать необходимость выезда представителей сетевой организации на участок заявителя.

Метод решения задачи. Решение поставленной задачи стало возможным в связи с развитием сервисно-ориентированной архитектуры [5, 6] и появлением информационных систем, предоставляющих информацию в виде общедоступных веб-сервисов в сети Интернет. Одним из таких ресурсов является публичная кадастровая карта (<http://maps.rosreestr.ru/PortalOnline/>), которая публикуется в рамках Интернет-портала государственных услуг, оказываемых Росреестром РФ в электронном виде. Кадастровая карта представляет собой составленные на единой картографической основе тематические карты, на которых в графической и текстовой форме воспроизводятся кадастровые сведения (ст. 13 п. 4, №221-ФЗ от 24.07.2007 г. «О государственном кадастре недвижимости»). В целях обеспечения открытой публикации в сети Интернет данные Государственного кадастра недвижимости, хранящиеся в различных системах координат (местных системах координат субъектов РФ, условных системах координат районов и населенных пунктов), подвергаются предварительной подготовке. Под предварительной подготовкой понимается технологическая процедура совмещения границ земельных участков и границ единиц кадастрового деления с единой электронной картографической основой. Публикация Публичной кадастровой карты и единой электронной картографической основы выполняется в мировой системе координат в цилиндрической проекции Меркатора на сфере, основанной на сфероиде WGS84 – Web Mercator WGS 84 (Web Mercator Auxiliary Sphere WKID 102100)².

Публичная кадастровая карта позволяет осуществлять поиск земельных участков по када-

стровому номеру и визуализировать границы участков. Однако непосредственно получить координаты границ земельного участка для использования во внешнем приложении в ней нельзя. Для того чтобы решить поставленную задачу проверки расстояния, предложено создать специализированную ГИС, которая обеспечивает интеграцию необходимых пространственных данных из различных источников на основе веб-сервисов и позволяет выполнять необходимые координатные преобразования. Структура получаемой информационной системы (ИС) представлена на рис. 1. Роль интегрирующей специализированной ГИС играет разработанная под руководством и с участием авторов программа для ЭВМ «ЭнерГИС» [7].

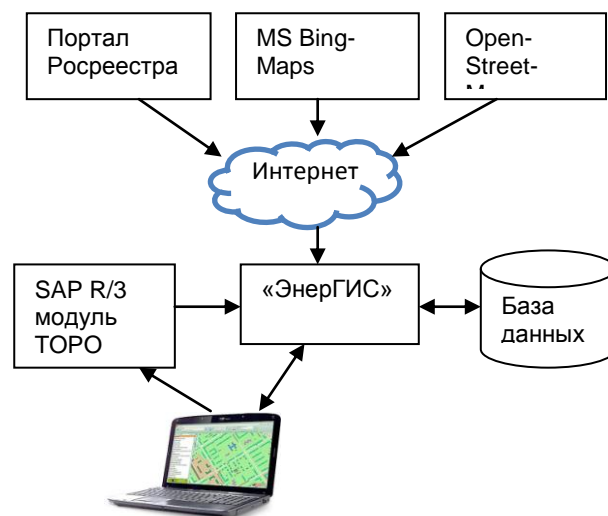


Рис. 1. Структура ИС

Решение задачи по оценке условий технологического присоединения потребителя в разработанной информационной системе предполагает следующий сценарий действий.

Данные о расположении объектов и топологии сети, которые накапливаются в корпоративной системе SAP R3 TOPO, выгружаются по запросу пользователя в Excel-файлы и конвертируются программой «ЭнерГИС» в слои карты электрической сети. В качестве картографической основы при этом используется цифровая карта открытого проекта OpenStreetMap (<http://openstreetmap.ru/>). Карта сохраняется в базе данных и может использоваться многократно.

1. По адресному описанию объекта заявителя пользователь выбирает в приложении «ЭнерГИС» окно просмотра карты, в которое попадает объект.

2. Программа «ЭнерГИС» определяет географические координаты границ окна просмотра и, используя веб-сервис портала Росреестра, отображает в окне веб-приложения соответствующий фрагмент публичной кадастровой карты.

² Публичная кадастровая карта. Соглашение об использовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://maps.rosreestr.ru/PortalOnline/terms.html>

3. Используя кадастровую карту как подложку, пользователь в графическом редакторе веб-приложения обводит границы земельного участка заявителя. Географические координаты введенных границ фиксируются программой «ЭнерГИС» и наносятся на карту электрической сети, полученную при выполнении п.1.

4. В «ЭнерГИС» строится буферная зона для заданного расстояния от границ земельного участка и определяется факт попадания в эту зону объектов электрической сети.

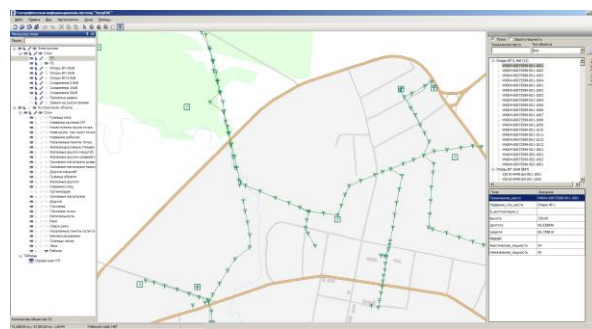
5. Результаты проведенного анализа выдаются в виде отчета и сохраняются в базе данных.

В качестве дополнительных компонентов базовой карты, которые помогают анализировать карту электрической сети, могут использоваться доступные в сети картографические сервисы, предоставляющие карты и космические снимки. На рис. 1 в качестве такого сервиса указан ресурс Microsoft Bing Maps. Однако возможно подключение и других подобных ресурсов.

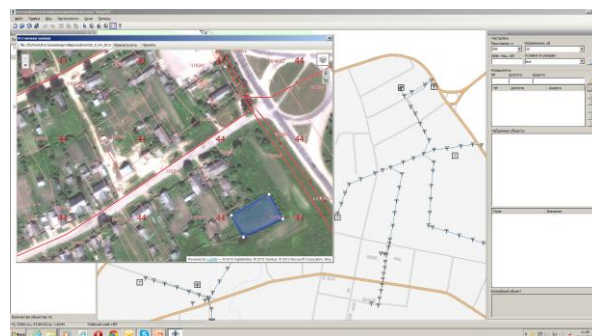
Предложенный метод дает возможность быстро (в течение нескольких минут) оценить взаимное положение участка заявителя и объектов сетевого хозяйства на карте и в большинстве случаев избежать выезда представителя организации на местность. Он позволяет использовать постоянно актуализируемые источники данных и не требует дополнительных затрат на приобретение и обновление данных. Кроме того, реализация метода в среде ГИС позволяет задействовать широкий арсенал возможностей пространственного анализа, предоставляемых этим классом информационных систем для предприятий электроэнергетики [8].

Результаты применения разработанного решения. Предложенное решение внедрено в ОАО «КостромаЭнерго». На данных этой компании проведены эксперименты по формированию карты электрической сети, выявлению условий заключения договоров на технологическое присоединение. На рис. 2 приведен пример работы программы, иллюстрирующий реализацию основных этапов решения задачи.

Модуль экспорта данных (рис. 2,а) обеспечивает разбор связанных таблиц, описывающих состав, топологическую структуру и характеристики электрической сети. Использование модуля позволило в удобной форме просматривать и использовать в работе пространственные данные, которые ранее передавались в корпоративную информационную систему без проверки. Отображение этих данных на карте позволило, в частности, выявить ошибки в координатных данных, допущенные в процессе их ввода.



а)



б)



в)

Рис. 2. Пример работы программы: а – результаты экспорта ЛЭП в карту; б – построение границ земельного участка заявителя; в – определение перечня объектов сети на расстоянии менее 500 м от границ участка

На рис. 2,б показан процесс ввода границ земельного участка по карте Росреестра. В составе этой карты имеются слои космических снимков, которые позволяют видеть не только схематические границы участка, но и оценить ситуацию на местности в целом. После ввода границ они отображаются на карте электрической сети и используются для измерения расстояний (рис. 2,в).

Метод не гарантирует высокой точности измерений, поскольку требования к точности определения координат объектов сети и точности ввода данных по границам земельного участка не установлены. Однако в большинстве случаев, включая показанный на рис. 2, факт выполнения или невыполнения условия Правил по расстоянию при проведении анализа является очевидным. В случаях, когда вычисленное в информационной системе расстояние близко к пороговому значению для принятия решения, целесообразно использовать дополнительные методы

анализа, включая традиционные измерения на местности. Однако такие случаи в практике довольно редки.

Заключение

Разработанный метод обеспечивает быструю оценку условий заключения договора об осуществлении технологического присоединения в соответствии с требованиями законодательства. Метод основан на интеграции собственных пространственных данных электросетевых предприятий и открытых картографических Интернет-ресурсов. Внедрение разработанной программы «ЭнерГИС» подтвердило возможность его эффективного применения.

Разработанное программное обеспечение и метод ориентированы на решение одной из множества задач в сфере принятия решений по управлению электросетевым хозяйством энергетических компаний. Поэтому их применение будет более эффективным при использовании в составе корпоративных информационных систем, где разработанное программное обеспечение может применяться в виде дополнительного модуля.

Список литературы

1. Синтез и анализ модели «как есть» бизнес-процесса «Технологическое присоединение к электрическим сетям» / А.Р. Денисов, М.Г. Левин, Т.Н. Некрасова, А.В. Рыбинский // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2012. – Т. 18, № 1. – С. 37–40.
2. Моделирование потока заявок на технологическое присоединение к электрическим сетям / А.Р. Денисов, М.Г. Левин, Т.Н. Некрасова, А.В. Рыбинский // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 1. – С. 60–71.
3. Бугаевский Л.М. Математическая картография. – М.: Златоуст, 1998. – 400 с.
4. Томсон П.В. Системы координат. Методы преобразования координат. – Изд. 2-е, испр. – М.: ГМА им. Макарова, 2010. – 62 с.
5. Портье Бертран. Обзор терминологии SOA. Ч. 1. Сервис, архитектура, управление и бизнес-термины // IBM Developer Works. – 2008. – URL: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-soa-term1/>.
6. Хизер Крегер, Винс Бранссен. Стандарты вис-ориентированной архитектуры // IBM Developer Works. –

Косяков Сергей Витальевич,
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой программного обеспечения компьютерных систем,
телефон (4932) 26-98-40,
e-mail: ksv@ispu.ru

Садыков Артур Мунавирович,
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, начальник отдела геоинформационных технологий информационно-вычислительного центра,
телефон (4932) 26-98-40,
e-mail: amsadykov@gmail.com

2013. – URL: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-soa-standards/>.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610605. Геоинформационная система учета и анализа технологических присоединений к электрическим сетям «ЭнерГИС» / А.Б. Гадалов, Е.А. Дербенева, С.В. Косяков, А.С. Мочалов, А.С. Немчинов, А. М. Садыков. 2014.

8. Билл Михан. ГИС: новая энергия электрических и газовых предприятий / пер. с англ. В.Ю. Андриана. – М.: Дата+, 2010. – 250 с.

References

1. Denisov, A.R., Levin, M.G., Nekrasova, T.N., Rybinskiy, A.V. Sintez i analiz modeli «kak est'» biznes-protsessa «Tekhnologicheskoe prisoedinenie k elektricheskim setyam» [Synthesis and analysis of the «as is» method of the business process «Power grid connection»]. *Vestnik KGU im. N.A. Nekrasova*, 2012, vol. 18, no. 1, pp. 37–40.
2. Denisov, A.R., Levin, M.G., Nekrasova, T.N., Rybinskiy, A.V. Modelirovanie potoka zayavok na tekhnologicheskoe prisoedinenie k elektricheskim setyam [Modeling of power grid connection application flow]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii*, 2013, no. 1, pp. 60–71.
3. Bugaevskiy, L.M. *Matematicheskaya kartografiya* [Mathematical cartography]. Moscow, Zlatoust, 1998. 400 p.
4. Tomson, P.V. *Sistemy koordinat. Metody preobrazovaniya koordinat* [Coordinate systems. Coordinate transformation methods]. Moscow, GMA im. Makarova, 2010. 62 p.
5. Port'e, Bertran. *Obzor terminologii SOA. Ch. 1. Servis, arkhitektura, upravlenie i biznes-terminy* [SOA technology review. Part 1. Service, architecture, management and business terms]. *IBM Developer Works*, 2008. Available at: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-soa-term1/>.
6. Khizer, Kreger, Vins, Branssen. *Standarty servis-orientirovannoy arkhitektury* [Service-oriented architecture standards]. *IBM Developer Works*, 2013. Available at: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-soa-standards/>.
7. Gadalo, A.B., Dербенева, E.A., Kosyakov, S.V., Mochalov, A.S., Nemchinov, A.S., Sadykov, A.M. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2014610605. Geoinformatsionnaya sistema ucheta i analiza tekhnologicheskikh prisoedineniy k elektricheskim setyam «EnerGIS»* [Certificate of state registration of computer program No 2014610605. Geoinformational system of accounting and analysis of grid connections «EnerGIS»]. 2014.
8. Bill, Mikhan. *GIS: novaya energiya elektricheskikh i gazovykh predpriyatiy* [GIS: new energy of electric and gas enterprises]. Moscow, Data+, 2010. 250 p.