

Формирование топологических правил для описания пространственных отношений объектов системы передачи электроэнергии в геоинформационной системе

Л.В. Гордиенко

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В данной работе рассмотрены способы формирования топологических правил для описания пространственных отношений между объектами системы электропередачи и окружающими их объектами. Основой данных об объектах линий электропередач (ЛЭП) является пространственная составляющая. Поэтому точное и полное описание топологических отношений между объектами, участвующими в процессе поставки электроэнергии, является актуальной задачей. Автором исследованы способы описания топологических отношений в геоинформационных системах (ГИС). Функциональность данных систем может быть расширена дополнительными модулями, в том числе проверки топологической корректности. Разработаны топологические правила, позволяющие корректировать пространственные отношения и устранять ошибки. Сформированные топологические правила основаны на объектных вычислениях. Связано это с интеллектуализацией геоинформационных систем и поддержкой принятия решений в условиях разнородности и рассредоточенности данных с которыми работают энергетические компании.

Ключевые слова: топологическое правило, линия электропередач, геоинформационная система, линейный объект, пространственное отношение.

Система ЛЭП – сложная, многоуровневая, пространственно распределенная система, включающая большое количество рассредоточенных объектов (кабели, опоры, изоляторы и вспомогательные устройства), предназначенная для передачи и распределения электрической энергии от электростанций к подстанциям и потребителям, а также для связи смежных энергосистем. Управление и мониторинг данной системой осуществляется специализированными энергетическими компаниями, основной задачей которых является бесперебойное обеспечение потребителей электроэнергией [1].

Для эффективного управления и оперативного реагирования на нештатные ситуации необходимо обладать полной информацией, основной составляющей которой является пространственная информация с точными

топологическими характеристиками [2]. Геоинформационные системы являются эффективным средством обработки больших массивов разнородных данных, имеющих пространственную привязку [3]. В данном случае под топологическими характеристиками будем понимать пространственную связность и степень близости объектов системы ЛЭП [4]. Обеспечение целостности и непротиворечивости пространственных данных об объектах ЛЭП должно быть реализовано с помощью определенной методики, которая позволит выполнять проверку топологической корректности вводимых данных и обеспечивать доступ к информации об ошибках, возникающих при вводе информации в геоинформационную базу данных.

Целью данной работы является исследование и формирование топологических правил между объектами ЛЭП для обеспечения целостности базы геоданных управляющей энергетической компании.

Существуют разнообразные способы описания топологических отношений в ГИС. Так, широко распространено использование графовых моделей [5]. Данная структура представляет собой множество узлов, соответствующих конкретным объектам на местности, соединенных между собой ломаными линиями. Одним из часто применяемых является теоретико-множественный подход [6-7]. Согласно данному подходу топология базируется на свойствах непрерывности, замкнутости внутренних точек, которые могут быть определены посредством соотношения окрестностей точек пространственных объектов. Данная модель описывает пространственные отношения между объектами, фиксируя наличие отношения, но не содержит средств описания характера отношений [4].

Топологические отношения между пространственными объектами ЛЭП могут быть описаны с помощью специальных правил на основе объектных вычислений [8]. В этом случае связь между объектами определяется

отношением xRy , где x и y – объекты и их границы, R – множество пространственных отношений.

Для формирования топологических правил вначале необходимо определить типы картографических объектов. В геоинформационной системе для описания объектов ЛЭП используются точечные, линейные и полигональные объекты [9].

Линейный объект или граница полигонального объекта характеризуются совокупностью вершин, рассматриваемых в определенной последовательности:

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_{k-1}\} = \{(p_1, p_2), (p_2, p_3), \dots, (p_{k-1}, p_k)\},$$
$$POL = \{pol_1, pol_2, \dots, pol_m\} = \{(p_1, p_2), (p_2, p_3), \dots, (p_m, p_1)\}.$$

Топологическое правило, позволяющее описать соприкосновение охранной зоны ЛЭП с границей другого объекта (например, просеки, автомобильная дорога, граница земельного участка и т.д.):

$(Ob_i Pr_1 Ob_j) \Rightarrow (Ob'_i \cap Ob'_j \neq \emptyset) \wedge (Ob_i \cap Ob_j = \emptyset)$ т.е. $\exists (x_i, y_j) \in Ob'_i, (x_n, y_m) \in Ob'_j: x_i = x_n, y_j = y_m$, где Ob_i, Ob_j – внутренние области пространственных объектов, Ob'_i, Ob'_j – границы этих объектов, Pr_1 – экземпляр множества пространственных взаимоотношений «соприкоснуться» [10].

С помощью данного правила можно описать соприкосновение опор ЛЭП с границей автомагистрали (рис. 1).



Рис. 1. – Соприкасание опор ЛЭП и автомагистрали

Пересечение пространственных объектов может быть описано с помощью следующего топологического правила:

$(Ob_i Pr_2 Ob_j) \Rightarrow (Ob'_i \cap Ob'_j \neq \emptyset) \wedge (Ob_i \cap Ob_j \neq \emptyset)$ т.е. $\exists (x_i, y_j) \in Ob'_i, (x_n, y_m) \in Ob'_j: x_i = x_n, y_j = y_m, \exists (x_k, y_l) \in Ob_i, (x_p, y_s) \in Ob_j: x_k = x_p, y_l = y_s$, где Pr_2 – экземпляр множества пространственных взаимоотношений «пересечение».

Данное топологическое правило отражает, например, пересечение охранной зоны ЛЭП и растительности (рис. 2).



Рис. 2. – Пересечение охранной зоны с древесной растительностью

Топологическое правило «не пересекает» позволяет описать пространственные отношения между объектами системы передачи электроэнергии и другими пространственными объектами (рис. 3):

$(Ob_i Pr_3 Ob_j) \Rightarrow (Ob'_i \cap Ob'_j = \emptyset) \wedge (Ob_i \cap Ob_j = \emptyset) \text{ т.е. } \neg \exists (x_i, y_j) \in Ob'_i, (x_n, y_m) \in Ob'_j: x_i = x_n, y_j = y_m, \exists (x_k, y_l) \in Ob_i, (x_p, y_s) \in Ob_j: x_k = x_p, y_l = y_s$, где Pr_3 – экземпляр множества пространственных взаимоотношений «не пересекает».

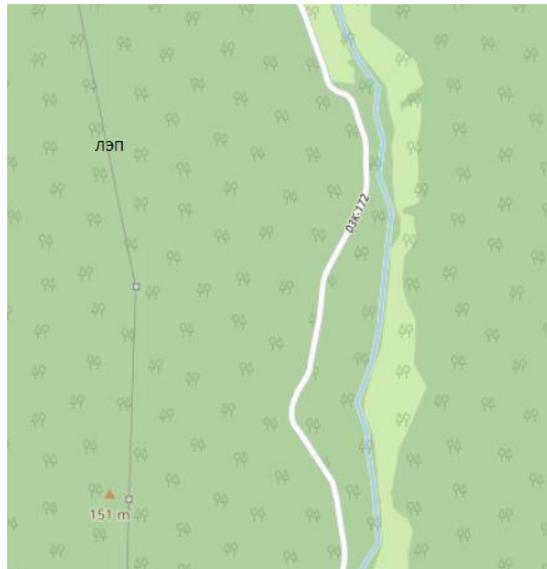


Рис. 3. – Топологическое правило «не пересекает» относительно ЛЭП и реки

Топологическое правило, позволяющее определять нахождение охранной зоны ЛЭП в границах муниципального образования (рис. 4):

$(Ob_i Pr_4 Ob_j) \Rightarrow (Ob'_i \cap Ob'_j = Ob'_i) \wedge (Ob_i \cap Ob_j \neq \emptyset) \text{ т.е. } \forall (x_i, y_j) \in Ob'_i, \exists (x_n, y_m) \in Ob'_j: x_i = x_n, y_j = y_m$, где Pr_4 – экземпляр множества пространственных взаимоотношений «находится внутри».



Рис. 4. – Охранная зона ЛЭП «находится внутри» муниципального образования

Основная доля топологических искажений возникает при добавлении данных в геоинформационную базу данных. Связано это с различными причинами: некорректный ручной ввод, недостаток информации и знаний т.д. Расширение функциональности ГИС путем добавления модуля топологических правил позволяет выявлять ошибки расположения уже существующих или проектируемых пространственных объектов (например, необходимо исключить прохождение ЛЭП по территории стадионов, детских образовательных учреждений). Это улучшит процесс управления электроснабжением и обеспечит безопасную среду жизнедеятельности населения.



Литература

1. Гордиенко Л.В. Геоинформационная технология мониторинга просек линий электропередач // Инженерный вестник Дона. 2019. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6135.

2. Андрианов Д.Е. Метод интегрированного описания топологических отношений в геоинформационных системах // Программные продукты и системы. 2007. № 3. С. 90-91.

3. Павлов С.В., Самойлов А.С. Проектирование структуры распределенной базы пространственных данных в сложно структурированных иерархических географических информационных системах // Инженерный вестник Дона. 2015. №1-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2755.

4. Гордиенко Л.В. Топологические отношения при интеллектуализации геоинформационных систем // Фундаментальные исследования. 2016. № 11. С. 266 - 270.

5. Jiang B., Claramunt C. Topological analysis of urban street networks // Environment and Planning B: Planning and design. 2004. № 31 (1). pp. 151–162.

6. Цветков В.Я. Виды пространственных отношений // Успехи современного естествознания. 2013. № 5. С. 138–139.

7. Верещагин Н.К., Шень А. Начала теории множеств. Математическая логика и теория алгоритмов. М.: МЦНМО, 2008. 128 с.

8. John L. Kelley. General Topology. Springer-Verlag, New York, 1955. P. 1-6.

9. Гинис Л. А., Гордиенко Л. В. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход. – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2016. 160 с.

10. Уэно Х., Исидзука М. Представление и использование знаний / пер. с яп. Иванова И. А. под ред. Волкова Н. Г. - М.: Мир, 1989. 220 с.

References

1. Gordienko L.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6135.
2. Andrianov D.E. Programmnye produkty i sistemy. 2009. № 3. pp. 90-91.
3. Pavlov S.V., Samoylov A.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. № 1-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2755.
4. Gordienko L.V. Fundamental'nye issledovaniya. 2016. № 11. pp. 266 - 270.
5. Jiang B., Claramunt C. Environment and Planning B: Planning and design. 2004. № 31 (1). pp. 151–162.
6. Tsvetkov V.Ya. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2013. № 5. pp. 138–139.
7. Vereshchagin N.K., Shen' A. Nachala teorii mnozhestv. Matematicheskaya logika i teoriya algoritmov [Beginnings of set theory. Mathematical logic and algorithm theory]. M.: MTsNMO, 2008. 128 p.
8. John L. Kelley. Springer-Verlag, New York, 1955. pp. 1-6.
9. Ginis L. A., Gordienko L. V. Modelirovanie slozhnykh sistem: kognitivnyy teoretiko-mnozhestvennyy podkhod [Modeling complex systems: a cognitive set-theoretic approach]. Taganrog: Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2016. 160 p.
10. Ueno Kh., Isidzuka M. Predstavlenie i ispol'zovanie znaniy [Representation and use of knowledge] per. s yap. Ivanova I. A. pod red. Volkova N. G. M.: Mir, 1989. 220 p.