

Геоинформационная технология мониторинга просек линий электропередач

Л.В. Гордиенко

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В данной работе рассмотрена задача мониторинга и диагностики просек линий электропередач (ЛЭП) с помощью геоинформационных технологий. В статье определены основные факторы возникновения критических ситуаций на ЛЭП, а также факторы, позволяющие обеспечить бесперебойную поставку электроэнергии. Учитывая пространственную распределенность ЛЭП, в статье предложено использовать геоинформационные системы, являющиеся эффективным средством обработки данных о ЛЭП. Исследована геоинформационная технология проведения мониторинга ЛЭП, выявлены оптимальные методы мониторинга ЛЭП. Рассмотрены аспекты формирования охранной зоны для линий электропередач. Построена модель выявления риска возникновения аварийной ситуации. Разработан алгоритм проведения мониторинга ЛЭП, их охранных зон и определения аварийных участков на основе геоинформационных технологий.

Ключевые слова: геоинформационная система, мониторинг, линия электропередач, охранный зона, аварийная ситуация, картографическое изображение.

Одной из важнейших задач энергетических компаний является бесперебойная, безопасная передача электроэнергии от электростанции к потребителю. Основным средством транспортировки данного вида энергии являются воздушные линии электропередач (ЛЭП) [1].

В составе энергетической системы предоставления потребителям электроэнергии, воздушные высоковольтные линии электропередачи являются наиболее аварийными [2]. Более половины всех перерывов в энергоснабжении определяется проблемами воздушных ЛЭП. Мониторинг воздушных линий электропередач позволяет решить основные проблемы в этой области.

Определяющим фактором бесперебойной поставки электроэнергии является очистка, в соответствии с нормативами, просек воздушных линий электропередач. Заращение просек является основной причиной обрыва

ЛЭП. При этом проблема неконтролируемого зарастания просек под линией электропередачи хоть и существует уже не первый год, однако особое внимание ей стали уделять лишь в последнее время. Так же, летом, в пожарный период, чистые просеки снижают риск возгорания в охранной зоне ЛЭП.

Сети ЛЭП рассредоточены в пространстве и идентифицируются местоположением. Поэтому эффективным средством обработки данных о ЛЭП являются геоинформационные системы (ГИС). ГИС позволяют обрабатывать большие массивы разнородной информации о пространственных объектах, процессах и явлениях с помощью широкого набора специализированных операций [3, 4]. При мониторинге охранной зоны с помощью геоинформационных систем можно предотвратить множество обрывов и обеспечить бесперебойную поставку электроэнергии к потребителю [5, 6].

Целью данной работы является разработка алгоритма, позволяющего проводить мониторинг ЛЭП, их охранных зон и выявлять аварийные участки на основе геоинформационных технологий.

Охранная зона ЛЭП – это определенная в соответствии с постановлением Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. N 160 "О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон". Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранной зоне линий электропередачи напряжением свыше 1000 В» территория, на которой действия человека ограничены. Данные зоны формируются, во-первых, для обеспечения безопасности человека в целях предотвращения вредного воздействия электромагнитных излучений. Во-вторых, охранная зона необходима для предотвращения негативного воздействия деревьев и другой растительности, которые могут нарушить бесперебойную поставку

электроэнергии к потребителю. При обследовании ЛЭП очень важно детально изучить опоры, провисание проводов, найти все посторонние предметы, которые потенциально могут привести к проблемам, изучить просеки и найти деревья, кустарники, угрожающие нормальному функционированию объектов. Таким образом, необходимо создать детальную и точную модель энергетической системы и ее окружения, с помощью геоинформационной системы для выполнения мониторинга просек ЛЭП.

Существует три основных способа проведения мониторинга ЛЭП [7]:

- Спутниковый;
- Лазерное сканирование;
- Аэрофотосъемка.

Проанализировав указанные способы, можно сделать вывод о том, что для проведения данного исследования оптимальным методом мониторинга ЛЭП является спутниковый, остальные методы требуют больших ресурсов. Лазерное сканирование подходит больше для выявления физических характеристик, аэрофотосъемка или съемка с помощью беспилотного летательного аппарата является дорогостоящей и применяется, в большинстве случаев, в чрезвычайных ситуациях, где необходимо быстрое и точное решение или для стратегически важных объектов [8].

Рассмотрим алгоритм проведения мониторинга на примере ВЛ-110 кВ "Стрела - Береговая", которая находится на рельефной, труднодоступной, заросшей местности. Местоположение: Краснодарский край, проходит параллельно трассе М-4 «Дон» и через Михайловский перевал.

Пусть задано исходное картографическое изображение KI с набором картографических образов KO [9], каждый из которых представлен следующим множеством (1):

$$KO_i = \{\alpha_i, \mu_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i\}, \quad (1)$$

где α_i – множество пространственных свойств; μ_i – множество временных свойств; β_i – множество семантических свойств; γ_i – множество прагматических свойств; δ_i – множество отношений.

Выявление риска возникновения аварийной ситуации основано на пересечении множеств отношений картографических образов [10] охранной зоны KO_{oz} и растительности KO_d при заданных временных и пространственных свойствах. Бинарные топологические отношения между двумя картографическими образами KO_{oz} и KO_d на плоскости R^2 в данном случае основаны на пересечении границы (∂KO_{oz}), внутренней ($KO_{oz}0$) области объекта KO_{oz} с границей (∂KO_d) и внутренней (KO_d0) областью объекта KO_d [11].

Вероятность возникновения риска аварийной ситуации основана на выполнении следующих выражений:

$$\begin{cases} KO_{oz}0 \cap \partial KO_d = \emptyset \\ KO_{oz}0 \cap KO_d0 = \emptyset \\ KO_d0 \cap \partial KO_{oz} = \emptyset \end{cases}$$

В данном исследовании для определения местоположения ВЛ-110 кВ "Стрела - Береговая" была использована подложка OSM, а для нахождения растительности и деревьев была использована спутниковая подложка Bing [12].

Разработанный алгоритм проведения мониторинга ЛЭП с помощью геоинформационных технологий приведен на рисунке 1:



Рис. 1. – Блок-схема алгоритма проведения мониторинга ЛЭП

Суть данного алгоритма заключается в поиске пересечения охранной зоны и зеленых насаждений. Это и будут места, где риск обрыва ВЛ-110 кВ "Стрела - Береговая" очень вероятен. Значит, именно в этих местах необходимо провести работы по расчистке просеки данного линейного объекта.

Особенность этого алгоритма состоит в том, что, если существует необходимость проверить состояние буферной зоны этого же объекта спустя некоторое время, можно изменить подложку на новые, более качественные снимки и подкорректировать слой растительности относительно нового снимка, после этого все предыдущие данные автоматически изменятся и за короткий промежуток времени появятся данные уже нового мониторинга для ВЛ-110 кВ "Стрела - Береговая".

В процессе выполнения данного алгоритма получено пересечение картографических образов охранной зоны и растительности (рис. 2).



Рис. 2. – Сформированный слой «Пересечение»

Красные участки на карте показывают, что охранная зона требует проведения санитарных работ. Однако, создавая геоинформационную систему для мониторинга, необходимо представить не только эти участки на карте, но и получить координаты этих участков, что и будет являться результатом работы системы (рис. 3).

	id	xcoord	ycoord
1	1	38,14772	44,52743
2	2	38,14773	44,52739
3	3	38,14771	44,52746
4	4	38,14771	44,52744
5	5	38,14771	44,52739
6	6	38,14772	44,52744

Рис. 3. – Координаты аварийных участков

Таким образом, предложенный в данной работе алгоритм мониторинга позволяет выявлять аварийные участки воздушной линии электропередачи. Результатом работы данного алгоритма является таблица с координатами аварийных участков, которые требуют проведения санитарных работ. Проводя такой мониторинг регулярно, можно предотвратить множество аварий, которые происходят из-за обрыва деревьями проводов линии электропередачи.

Литература

1. Самарин А.В., Рыгалин Д.Б., Шкляев А.А. Современные технологии мониторинга воздушных электросетей ЛЭП // Естественные и технические науки. – 2012. – № 1, 2. С. 296-304.
2. Скрябина А.В. Современные системы мониторинга ЛЭП и энергооборудования // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский государственный университет. 2017. С. 525-527.
3. Гинис Л. А., Гордиенко Л. В. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход. – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2016. 160 с.



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

5. Ищенко Г.С., Ларина А.Б., Прокуронов С.Н.С., Филиппов Д.В. ГИС-технологии для мониторинга инженерных сетей в условиях природно-техногенных рисков // Экология промышленного производства. 2010. № 3. С. 36-38.

6. Ginis L.A., Gordienko L.V., Levoniuk S.V. The Development of Geographic Information System Model for Information Flows Monitoring of Complex Objects // IEEE Conference 2017 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Omsk, 2017). 2017. pp.1–4.

7. Рыльский И.А. Лазерное сканирование и цифровая аэрофотосъемка: новый уровень детальности // Использование данных ДЗЗ. 2015. №4(29). С. 53-56.

8. Бронников В.И. Использование беспилотных воздушных судов и геоинформационной системы "Спутник-ЛЭП" для мониторинга линий электропередач // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Сборник материалов 2 международной научно-практической конференции. Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии. 2017. С. 111-115.

9. Берштейн Л.С., Беляков С.Л. Геоинформационные справочные системы. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. 159 с.

10. Гинис Л.А., Гордиенко Л.В., Левонюк С.В. Разработка концептуальной проблемно-ориентированной метамоделю образного представления сложной системы на основе геоинформационной системы // Инженерный вестник Дона. 2017. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4065.

11. Гордиенко Л.В. Топологические отношения при интеллектуализации геоинформационных систем // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 11-2. – С. 266-270; URL: fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40964 (дата обращения: 08.11.2019).

12. Fonte C., Minghin M., Antoniou V., See L., Patriarca J., Brovelli M. A., Milcinski G. An automated methodology for converting osm data into a land use/cover map // *6th International Conference on Cartography and GIS. Proceedings, Vol. 1 and Vol. 2. 13-17 June 2016, Albena, Bulgaria*. pp.462–473.

References

1. Samarin A.V., Rygalin D.B., Shklyayev A.A. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2012. № 1, 2. pp. 296-304.

2. Skryabina A.V. *Universitetskiy kompleks kak regional'nyy tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury. Materialy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii*. Orenburgskiy gosudarstvennyy universitet. 2017. pp. 525-527.

3. 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.

4. Pavlov S.V., Samoylov A.S. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2015, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2755.

5. Ishchenko G.S., Larina A.B., Prokuronov C.N.S., Filippov D.V. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*. 2010. № 3. pp. 36-38.

6. Ginis L.A., Gordienko L.V., Levoniuk S.V. *IEEE Conference 2017 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Omsk, 2017)*. 2017. pp.1–4.

7. Ryl'skiy I.A. *Ispol'zovanie dannykh DZZ*. 2015. №4 (29). pp. 53-56.



8. Bronnikov V.I. Geodeziya, kartografiya, geoinformatika i kadastry. Sbornik materialov 2 mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburgskaya assotsiatsiya geodezii i kartografii. 2017. pp. 111-115.

9. Bershteyn L.S., Belyakov S.L. Geoinformatsionnye spravochnye sistemy [Geographic information reference systems]. Taganrog: Izd-vo TRTU, 2001. 159 p.

10. Ginis L.A., Gordienko L.V., Levonyuk S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4065.

11. Gordienko L.V. Fundamental'nye issledovaniya. – 2016. № 11-2. pp. 266-270. URL: fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40964 (data obrashcheniya: 08.11.2019).

12. Fonte C., Minghin M., Antoniou V., See L., Patriarca J., Brovelli M. A., Milcinski G. 6th International Conference on Cartography and GIS. Proceedings, Vol. 1 and Vol. 2. 13-17 June 2016, Albena, Bulgaria. pp.462–473.