

С.В. ЕРЕМЕЕВ

Топологические конфигурации в муниципальных ГИС

УДК 004

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г.Муром

В статье рассматривается формальное описание и классификация топологических конфигураций в муниципальных геоинформационных системах на основе модели 9 пересечений. Приводятся примеры практического использования таких конфигураций для обработки векторизованных данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-07-31182 мол_а)

Объекты карты городской территории хранят множество скрытой информации, а именно той, что касается их взаиморасположения относительно друг друга в пространстве R^2 . Для классификации пространственного взаиморасположения геометрических объектов в геоинформационных системах (ГИС) принято использовать топологические отношения [1,2]. Наиболее оптимальным методом моделирования топологических отношений в настоящее время является матрица 9 пересечений [2] и ее различные модификации [3,8,9].

Пространственные объекты, объединенные в группу, называются топологическими конфигурациями. В литературе по ГИС наблюдается возрастающий интерес к описанию и классификации топологических конфигураций [1,4,5,6]. Рассматриваются топологические конфигурации между точечными, линейными, полигональными объектами, а также между точечными и линейными, точечными и полигональными, линейными и полигональными. Однако описание топологических конфигураций для муниципальных объектов остается открытым. А именно здесь можно увидеть множество взаимосвя-

занных сложных пространственных структур. Топологические конфигурации объектов города состоят из разнообразных геометрических примитивов и также обладают индивидуальными свойствами.

К таким топологическим конфигурациям в муниципальных ГИС [7,10,11,12,13] можно отнести:

1. Перекрестки.
2. Инженерные сети.
3. Линии электропередач.
4. Кварталы и земельные участки.
5. Другие.

Рассмотрим описание и классификацию топологических конфигураций на примере перекрестков.

Выделим следующие возможные взаиморасположения топологических конфигураций для перекрестка. На рисунках 1-4 показаны такие случаи.

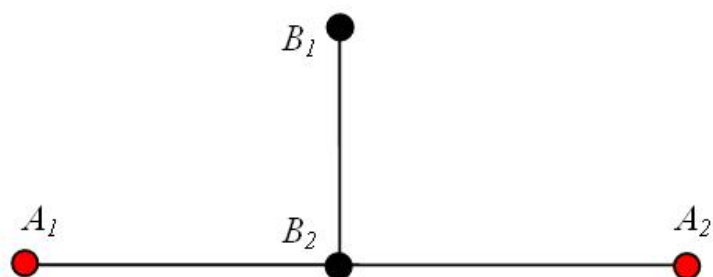


Рис.1. Топологическая конфигурация для перекрестка (случай 1)

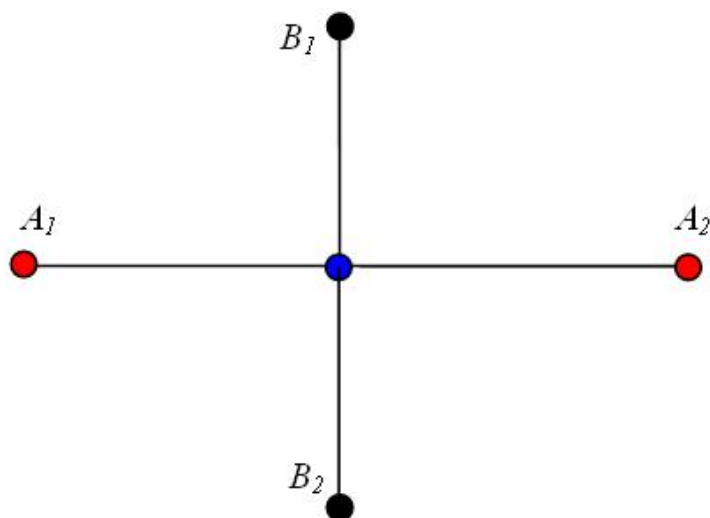


Рис.2. Топологическая конфигурация для перекрестка (случай 2)

Матрица 9 пересечений по Эгенхоферу [2] для классификации топологических отношений между пространственными объектами A и B имеет вид:

$$M(A, B) = \begin{pmatrix} A^0 \cap B^0 & A^0 \cap \partial B & A^0 \cap B^- \\ \partial A \cap B^0 & \partial A \cap \partial B & \partial A \cap B^- \\ A^- \cap B^0 & A^- \cap \partial B & A^- \cap B^- \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где A^0, B^0 - внутренняя часть объектов A, B ;

$\partial A, \partial B$ - граница объектов A, B ;

A^-, B^- - внешняя часть объектов A, B .

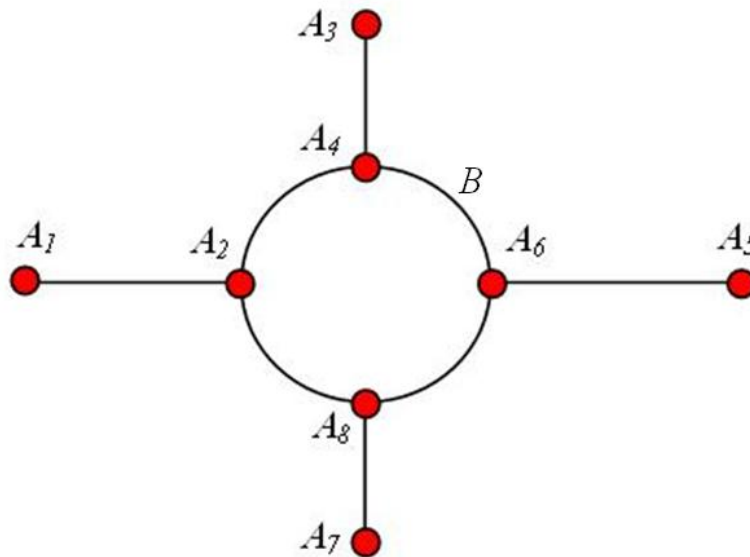


Рис.3. Топологическая конфигурация для перекрестка (случай 3)

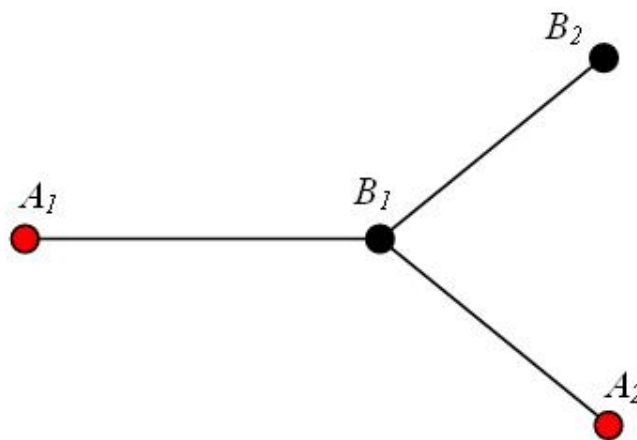


Рис.4. Топологическая конфигурация для перекрестка (случай 4)

Топологическая конфигурация для рисунка 1 включает два линейных объекта, обозначенных как A и B , с соответствующими точками на их границах. Матрица пересечений в этом случае выглядит так:

$$M_1(A, B) = \begin{pmatrix} O & \bar{O} & \bar{O} \\ O & O & \bar{O} \\ \bar{O} & \bar{O} & \bar{O} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где O - пустое множество,

\bar{O} - не пустое множество.

При этом будем считать, что концевые точки объекта A являются его границами, а остальные точки – внутренняя часть, т.е. $\partial A = (A_1, A_2)$.

По той же схеме матрица для случая 2 (рис.2.) имеет вид:

$$M_2(A, B) = \begin{pmatrix} \bar{O} & O & \bar{O} \\ O & O & \bar{O} \\ \bar{O} & \bar{O} & \bar{O} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Для топологической конфигурации 3 (рис.3.) объект A включает 4 отрезка. Поэтому $\partial A = (A_1, A_2, \dots, A_8)$. Объект B представляет собой окружность. Найдем матрицу пересечений этой конфигурации:

$$M_3(A, B) = \begin{pmatrix} O & O & \bar{O} \\ O & \bar{O} & \bar{O} \\ \bar{O} & \bar{O} & \bar{O} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Однако в матрице указывается только признак пересечения: есть или нет. Для уточнения и более полного описания топологических конфигураций будем использовать количество пересечений. Тогда матрица (4) примет вид:

$$M_3(A, B) = \begin{pmatrix} O & O & \bar{O} \\ O & 4 & \bar{O} \\ \bar{O} & \bar{O} & \bar{O} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

А матрица (2) будет выглядеть так:

$$M_1(A, B) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & \bar{0} \\ 0 & 0 & \bar{0} \\ \bar{0} & \bar{0} & \bar{0} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

Матрица (3):

$$M_2(A, B) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \bar{0} \\ 0 & 0 & \bar{0} \\ \bar{0} & \bar{0} & \bar{0} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Тогда матрица 9 пересечений в общем виде будет записана следующим образом:

$$M(A, B) = \begin{pmatrix} F(A^0 \cap B^0) & F(A^0 \cap \partial B) & F(A^0 \cap B^-) \\ F(\partial A \cap B^0) & F(\partial A \cap \partial B) & F(\partial A \cap B^-) \\ F(A^- \cap B^0) & F(A^- \cap \partial B) & F(A^- \cap B^-) \end{pmatrix}, \quad (8)$$

где $F(x)$ - количество пересечений объекта A с объектом B .

Особенно внимательно стоит рассмотреть топологическую конфигурацию для рисунка 4. Если не учитывать то факт, что объект A состоит из двух соединенных отрезков, то матрица для этой конфигурации будет совпадать с (2) и, следовательно, с (6). В таком случае при описании необходимо хранить дополнительную информацию, т.е. не просто пересечение с внутренней частью объекта A , но и пересечение с границей одного из отрезков объекта A .

Если же рассматривать объекты как отдельные отрезки (рис.5, рис.6), то конфигурации с точки зрения топологии будут идентичны, т.е. изоморфны.

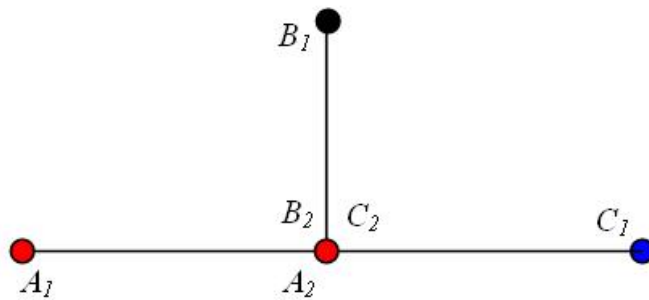


Рис.5. Представление топологической конфигурации из отдельных отрезков

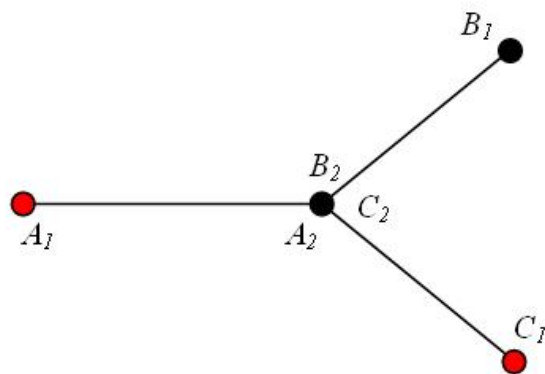


Рис.6. Изоморфная рисунку 5 топологическая конфигурация

Приведенное описание и классификация топологических конфигураций объектов муниципальной карты позволит по векторизованной карте проанализировать объекты, их взаиморасположение и определить к какому слою карты они относятся. Показанный пример формально иллюстрирует эти возможности. Другое практическое применение – это обратная задача, т.е. по существующей матрице смоделировать топологические конфигурации.

Литература

1. Deng, M., Cheng, T., Chen, X., Li, Z., 2007. Multi-level topological relations between spatial regions based upon topological invariants. *GeoInformatica*, 11(2), pp. 239-267.
2. Egenhofer, M. J. and Clementini, E., 1994. Evaluating inconsistencies among multiple representations. In: *Proceedings of the 6th International Symposium on Spatial Data Handling*, Edinburgh, Scotland, pp. 901-920.
3. Kurata, Y. and Egenhofer, M. (2006b) Topological Relations of Arrow Symbols in Complex Diagrams. in: Barker-Plummer, D., Cox, R. and Swoboda, N. (eds.) *Diagrams'06*, Stanford, CA, *Lecture Notes in Artificial Intelligence* 4045, 112-126, Springer.
4. Еремеев С.В., Андрианов Д.Е., Баринов А.Е., Титов Д.В. Алгоритмы поиска объектов по пространственным характеристикам в задачах муниципальных ГИС // *Известия юго-западного государственного университета*. 2012. №2. С. 37-41.
5. Еремеев С.В. Алгоритмы обработки данных в геоинформационной системе для учета земельных участков // *Ползуновский вестник*. 2012. № 2/1. С. 121-125.
6. Еремеев С.В. Пространственно-временной анализ муниципальных карт // *Алгоритмы, методы и системы обработки данных*. 2012. №4. С. 52-57.
7. Еремеев С.В., Деев К.В. Сопоставление элементов разномасштабных карт // [Геоинформатика](#). 2006. № 2. С. 54-57.

8. Садыков С.С., Еремеев С.В., Автоматический контроль размещения пространственных объектов на цифровой карте с использованием топологических отношений // Информационные технологии. 2005. №8. С. 6-9.

9. Андрианов Д.Е., Булаев А.В. Автоматизированная обработка пространственной информации в геоинформационных системах // Автоматизация и современные технологии. 2007. № 8. С. 3-6.

10. Еремеев С.В. Разработка системы геоимитационного моделирования для анализа работы городских служб // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2010. № 15. С. 63-68.

11. Еремеев С.В. Пространственные структуры в геоинформационных системах // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2007. № 12. С. 71-74.

12. Еремеев С.В. Алгоритм размещения слоев на цифровой карте в ГИС // [Геоинформатика](#). 2005. № 2. С. 22-26.

13. Еремеев С.В. Многоуровневое представление пространственных данных в геоинформационных системах // [Геоинформатика](#). 2006. № 1. С. 26-29.

ТЕЛЕФОН: 8-905-142-1234

E-MAIL: SV-EREMEEV@YANDEX.RU