

УДК 004

ФУНКЦИИ ДОПУСТИМОСТИ ДИСЛОКАЦИИ ДОРОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ЛОГИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

Михайлов Д. А., Михеев С. В., Сидоров А. В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)» (СГАУ), Самара, Россия (443086, Самара, Московское шоссе, 34), e-mail: d.a.mikhailov@gmail.com

Рассмотрены пространственно-логические связи между объектами электронной карты. Показана классификация пространственных связей геобъектов, приведены примеры отношений между объектами электронной карты. Представлена классификация типов геобъектов на основе логических связей и зависимостей. В интеллектуальной геоинформационной системе ITSGIS реализован модуль анализа допустимости дислокации объекта на улично-дорожную сеть города, определяемой пространственно-логическими связями между объектами и требованиями ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств». Разработан предикат установки знака 1.1 «Железнодорожный переезд со шлагбаумом», предикат дислокации знака 1.8 «Светофорное регулирование», предикат допустимости объединения дорожных знаков в группу на опоре, предикат допустимости установки светофора на перекресток.

Ключевые слова: пространственно-логические связи, геоинформационные системы, дислокация объектов электронной карты, функции допустимости, предикаты.

FUNCTIONS ADMISSIBLE OF DISLOCATION ROAD OBJECTS ON THE BASIS OF SPATIAL-LOGICAL RELATIONSHIPS

Mikhailov D. A., Mikheev S. V., Sidorov A. V.

¹Samara State Aerospace University n.a. S.P. Korolev, Samara, Russia (443086, Samara, street Moscow Highway, 34), e-mail: d.a.mikhailov@gmail.com

The spatial -logical relationships between objects e-cards. Shows the classification of spatial relations geoobjects, are examples of relationships between objects e-cards. The classification of types geoobjects based on logical relationships and dependencies. In the intellectual geographic information system implemented ITSGIS analysis module deployment object to the admissibility of the road network of the city, defined spatial -logical relationships between the objects and the requirements of GOST R 52289-2004 "Technical means of traffic. Terms of use of road signs, markings, traffic lights, road barriers and guide devices. "Designed predicate sign installation 1.1 "Level crossing with barrier", predicate dislocation sign 1.8 "traffic light regulation", predicate admissibility of combining road signs in a support group, predicate admissibility install traffic lights at the intersection.

Key words: spatial-logical relationships, geographic information systems, deployment of e-card objects, functions affordability, predicates.

Введение

При разработке геоинформационной системы (ГИС) ключевым значением обладают идентифицированные пространственно-логические связи между объектами электронной карты.

Пространственно-логические связи представляют собой совокупность данных о топологических отношениях между объектами цифровой карты, описывающих их взаимное пространственное расположение и логику взаимодействия друг с другом [1–3].

В объектно-ориентированных ГИС, поддерживающих топологические отношения типа «примыкание» (стык, касание) и «пересечение» между объектами цифровой карты, пространственно-логические связи образуют семантическую сеть. Данная сеть представляет собой связный граф, состоящий из помеченных объектами карты вершин и помеченных типами отношений объектов дуг. Такое представление связей объектов позволяет ГИС наиболее эффективно решать транспортные и коммуникационные задачи [4, 5].

Процесс генерации связей объектов электронной карты осуществляется двумя последовательно выполняемыми процедурами:

- установление и определение типа связей между объектами;
- добавление записи о связях объектов в базу данных ГИС.

В зависимости от специфики решаемых задач в ГИС связи объектов в цифровой карте формируются на двух уровнях [6]:

- семантическом «hase_a», если информация о связях объектов цифровой карты используется в ГИС при необходимости. В этом случае информация о связях объекта включается в его семантическое описание. Она содержит тип связи (примыкание или пересечение) и идентификатор объекта, с которым эта связь образована;
- геометрическом «is_locate», если ГИС специализируется на решении транспортных или коммуникационных задач. В этом случае информация о связях объектов в цифровой карте представляется в виде объектов со своими идентификаторами и классификационными кодами. Геометрическое описание таких объектов содержит координаты точки связи, а семантическое описание – информацию о типе связи и идентификаторах объектов, образующих эту связь.

Классификация пространственно-логических связей геобъектов

Характер отношений между объектами геоинформационной системы определяется сформированными пространственными связями и классифицируется следующим образом:

- вхождение – связь, передаваемая через семантические характеристики и определяющая топологическую связь объектов на карте, например, перекресток улично-дорожной сети и интенсивность на перекрестке;
- совмещение – связь, передаваемая через семантические характеристики или геометрическое описание объектов и определяющая совпадение их геометрического описания, например, торговый центр и место для стоянки транспортных средств вокруг торгового центра;

- пересечение – связь, передаваемая через геометрическое описание объектов и определяющая наличие общей точки в месте, где объекты пересекаются, например, пересечение в одном уровне железной и автомобильной дорог;
- смежность – связь, передаваемая через геометрическое описание объектов и определяющая наличие совпадающего участка в геометрических описаниях объектов в месте, где объекты ограничивают друг друга, например, автомобильная дорога и пешеходное ограждение вдоль дороги;
- примыкание – связь, передаваемая через метрическое описание объектов одного класса и определяющая наличие общей точки в месте соприкосновения, например, примыкание второстепенной дороги к основной;
- наложение – связь, передаваемая через геометрическое описание объектов и определяющая совпадение всех точек геометрии одного объекта с участком геометрии другого объекта, например, торговый центр и подземная стоянка под торговым центром.

Логические связи «A is_a» определяют типы объектов электронной карты и их зависимости:

1) типовая – семантическая связь, определяющая тип объекта цифровой карты как:

- простой (is_simple) – определяет, что объект представляет собой отдельный независимый объект карты;
- главный (is_super) – указывает, что у объекта присутствует один или несколько зависимых объектов, логически составляющих вместе с главным объект ГИС (например, город и административный район представлены двумя объектами на карте, но составляют один объект, где город является главным объектом по отношению к району);
- подчиненный (is_sub) – указывает, что объект зависим от главного объекта и логически составляет вместе с ним объект карты (например, дорожная разметка и улично-дорожная сеть (УДС), где дорожная разметка является подчиненным объектом по отношению к улично-дорожной сети);
- комплексный (is_complex) – указывает, что объект вместе с другими объектами карты определяют один объект (например, населенный пункт и подпись населенного пункта);

2) продолжение «is_connect» – связь, передаваемая через семантические характеристики и геометрическое описание объекта и определяющая, что различные объекты карты составляют логически единый объект (например, автомобильная дорога, разделенная перекрестками, с точки зрения транспортной задачи, логически едина).

Функции допустимости дислокации дорожных объектов

При дислокации любого дорожного объекта (дорожного знака, светофора, столба, опоры) на УДС города ключевую роль играет анализ допустимости дислокации этого объекта на данном участке УДС. Процесс анализа допустимости дислокации дорожного объекта является сложной многокритериальной задачей. В большинстве случаев человеку, проводящему данный анализ, трудно выявить все факторы, влияющие на допустимость дислокации данного объекта.

Для реализации проверки допустимости дислокации дорожного объекта в интеллектуальной геоинформационной системе ITSGIS реализован модуль анализа допустимости дислокации объекта на улично-дорожную сеть города, определяемой пространственно-логическими связями между объектами и требованиями ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств». Рассмотрим некоторые из разработанных функций.

Предикат установки знака 1.1 «Железнодорожный переезд со шлагбаумом» согласно ГОСТ:

$$P_{1.1}(Uch_i) :- Is_crossing(Uch_i) \wedge If_barrier(Uch_i) \vee \\ (In_City(Uch_i) = "true" \wedge (Visibility_distance(Uch_i) \geq 50) \wedge ((Visibility_distance(Uch_i) \leq 100)) \vee \\ (In_City(Uch_i) = "false" \wedge (Visibility_distance(Uch_i) \geq 150) \wedge (Visibility_distance(Uch_i) \leq 300)) \vee \\ ((Parallel_Crossing(Uch_i) > 20) \wedge (Parallel_Crossing(Uch_i) < 50)),$$

где $Is_crossing$ – предикат наличия ж/д переезда на участке, $If_barrier$ – предикат наличия шлагбаума на участке, In_City – предикат принадлежности участка населенному пункту, $Visibility_distance$ – функция, возвращающая дальность видимости на участке, $Parallel_Crossing$ – функция, возвращающая дальность до параллельной железной дороги.

Предикат дислокации знака 1.8 «Светофорное регулирование» согласно ГОСТ:

$$P_{1.8}(Uch_i) :- (NOT In_City(Uch_i) \wedge Is_light(Uch_{i+1}) \wedge If_cross(Uch_{i+1})) \vee \\ (In_City(Uch_i) \wedge ((Visibility_distance(Uch_i) < 100) \vee Is_light(Uch_i)) \vee ((Visibility_distance(Uch_i) + \\ Visibility_distance(Uch_{i+1}) < 100) \wedge Is_light(Uch_{i+1}))),$$

где Is_light – предикат наличия светофора на участке.

Предикат дислокации знака 2.1 «Главная дорога» согласно ГОСТ:

$$F_{2.1}(Uch_i) :- Is_MainRoad(Uch_i) \wedge (Is_exists(Uch_{i-1}) \vee (Is_cross(Uch_{i+1}) \wedge In_City(Uch_i))),$$

где $Is_Mainroad$ – предикат определения признака главной дороги у участка, Is_exists – предикат наличия участка.

Предикат допустимости объединения дорожных знаков в группу на опоре:

$$P_{sign_group}(G_i, Sign_i): - (SignCount(G_i, ALL) - SignCount(G_i, SignAdditionalInfo) < 3) \vee (Sign_i \in SignAdditionalInfo),$$

где *SignCount* – функция, возвращающая количество знаков в группе G_i , принадлежащих одному из типов знаков, параметр *ALL* указывает, что нужно вернуть количество всех дорожных знаков в группе, параметр *SignAdditionalInfo* только знаки дополнительной информации, запись $(Sign_i \in SignAdditionalInfo)$ обозначает принадлежность знака $Sign_i$ к типу дорожных знаков дополнительной информации.

Предикат допустимости установки светофора на перекресток C_i :

$$P_{cross}(C_i): - Cross_Percent(Int_pr(Corss_Peregon_1(C_i)), Int_pr(Cross_Peregon_2(C_i)), Int_pr(Cross_Peregon_3(C_i)), Count_Stripe(Cross_Peregon_1(C_i)), Count_Stripe(Cross_peregon_2(C_i), 1) \vee Pereg_Percent(Cross_Peregon_1(C_i), 0, 8) \vee Pereg_Percent(Cross_peregon_1(C_i), 0, 8) \vee Pereg_Percent(Cross_Peregon_2(C_i), 0, 8) \vee Pereg_Percent(Cross_Peregon_4(C_i), 0, 8) \vee Count_DTP_Cross(C_i) > 2) \wedge Cross_Percent(Int_Pr(Cross_Peregon_1(C_i)), Int_Pr(Cross_peregon_2(C_i)), Int_Pr(Cross_Peregon_3(C_i)), Int_Pr(Cross_Peregon_4(C_i)), Count_Stripe(Cross_Peregon_1(C_i)), Count_stripe(Cross_Peregon_3(C_i), 0, 8)).$$

Int_Pr : Перегон \rightarrow Интенсивность

Int_Obr: Перегон \rightarrow Интенсивность

Функции, которые, будучи применимы к объекту Перегон, дают интенсивность движения транспортных средств по объекту соответственно в прямом (*Int_Pr*) и обратном (*Int_Obr*) направлении.

Cross_Peregon__1: ПерекрестокX \rightarrow Перегон

Cross_Peregon__2: ПерекрестокX \rightarrow Перегон

Cross_Peregon__3: ПерекрестокX \rightarrow Перегон

Cross_Peregon__4: ПерекрестокX \rightarrow Перегон

...

Cross_Peregon__N: ПерекрестокX \rightarrow Перегон

Функции, которые, будучи применимы к объекту ПерекрестокX, дают объект Перегон, входящий в данный перекресток в одном из возможных направлений. Так как в состав перекрестка может входить более чем четыре перегона, то таких функций необходимо N , по числу перегонов, входящих в перекресток *Cross_Peregon__1* ... *Cross_Peregon__N*.

$Pedestr_Int$: Перегон \rightarrow Интенсивность

Функция, которая, будучи применима к объекту Перегон, дает интенсивность пешеходного потока.

$Safe$: Перегон \rightarrow {Истина, Ложь}

Предикат применимый к объекту Перегон, который принимает значение истина при наличии на перегоне островка безопасности.

$Count_Stripe$: Перегон \rightarrow Число

Функция, аргументом которой является объект Перегон, а значением количество полос движения в одном направлении.

$Count_DTP_Peregon$: Перегон \rightarrow Число

$Count_DTP_Cross$: ПерекрестокX \rightarrow Число

Функции, которые соответственно применимы к объекту сорта Перегон ($Count_DTP_Peregon$) и объекту сорта Перекресток ($Count_DTP_Cross$), дают значения о количестве произошедших ДТП на этих объектах.

Предикат $Pereg(P)$ соответствует допустимости установки светофорного объекта на перегоне, аргументом которого является объект Перегон.

Для реализации этого предиката введем вспомогательный предикат $Pereg_Percent(P, Percent)$ соответствующий допустимости установки светофорного объекта на перегоне с процентом выполнимости условий $Percent$ условия.

$Pereg_Percent(P, Percent) :- Safe(P) \wedge (Int_Pr(P) + Int_Obr(P) > 1000 * Percent) \wedge (Pedestr_Int(P) > 150 * Percent \vee Pedestr_Obr(P) > 150 * Percent) \vee \neg Safe(P) \wedge (Int_Pr(P) + Int_Obr(P) > 600 * Percent) \wedge (Pedestr_Int(P) > 150 * Percent \vee Pedestr_Obr(P) > 150 * Percent)$

$Pereg(P) :- (Count_DTP_Peregon(P) > 2) \wedge Pereg_Percent(P, 0.8) \vee Pereg_Percent(P, 1).$

Введем предикат $Int(Int_Main, Int_Second, Count_Main, Count_Second, Percent)$ соответствующий выполнению условия об интенсивности движения транспортных средств в течение рабочего дня с процентом $Percent$, где Int_Main интенсивность движения транспортного потока по главной дороге в двух направлениях, Int_Second интенсивность движения транспортного потока по второстепенной дороге в одном наиболее загруженном направлении, $Count_Main$ количество полос главной дороги, $Count_Second$ количество полос второстепенной дороги.

$Int(Int_Main, Int_Second, Count_Main, Count_Second, Percent) :- ((Count_Main = 1) \wedge (Count_Second = 1)) \wedge ((Int_Main > 750 * Percent) \wedge (Int_Second > 75 * Percent) \vee (Int_Main > 670$

$* Percent) \wedge (Int_Second > 100 * Percent) \vee (Int_Main > 580 * Percent) \wedge (Int_Second > 125 * Percent) \vee (Int_Main > 500 * Percent) \wedge (Int_Second > 150 * Percent) \vee (Int_Main > 410 * Percent) \wedge (Int_Second > 175 * Percent) \vee (Int_Main > 380 * Percent) \wedge (Int_Second > 190 * Percent))$.

$Int(Int_Main, Int_Second, Count_Main, Count_Second, Percent):-((Count_Main > 1) \wedge (Count_Second = 1)) \wedge ((Int_Main > 900 * Percent) \wedge (Int_Second > 75 * Percent) \vee (Int_Main > 800 * Percent) \wedge (Int_Second > 100 * Percent) \vee (Int_Main > 700 * Percent) \wedge (Int_Second > 125 * Percent) \vee (Int_Main > 600 * Percent) \wedge (Int_Second > 150 * Percent) \vee (Int_Main > 500 * Percent) \wedge (Int_Second > 175 * Percent) \vee (Int_Main > 400 * Percent) \wedge (Int_Second > 200 * Percent))$.

$Int(Int_Main, Int_Second, Count_Main, Count_Second, Percent):-((Count_Main > 1) \wedge (Count_Second > 1)) \wedge ((Int_Main > 900 * Percent) \wedge (Int_Second > 100 * Percent) \vee (Int_Main > 825 * Percent) \wedge (Int_Second > 125 * Percent) \vee (Int_Main > 750 * Percent) \wedge (Int_Second > 150 * Percent) \vee (Int_Main > 675 * Percent) \wedge (Int_Second > 175 * Percent) \vee (Int_Main > 600 * Percent) \wedge (Int_Second > 200 * Percent) \vee (Int_Main > 525 * Percent) \wedge (Int_Second > 225 * Percent) \vee (Int_Main > 480 * Percent) \wedge (Int_Second > 240 * Percent))$.

Введем предикат $Cross_Percent(Int_W, Int_E, Int_N, Int_S, Count_Hor, Count_Vert, Percent)$, соответствующий выполнению условия об интенсивности движения транспортных средств в течение рабочего дня с процентом $Percent$ с определением главной и второстепенной дороги, где $Int_W, Int_E, Int_N, Int_S$ интенсивности входящих транспортных потоков, $Count_Hor, Count_Vert$ количество полос, соответственно, «горизонтальной» и «вертикальной» улицы.

$Cross_Percent(Int_W, Int_E, Int_N, Int_S, Count_Hor, Count_Vert, Percent):- Int(Int_W + Int_E, Int_N, Count_Hor, Count_Vert, Percent) \vee Int(Int_W + Int_E, Int_S, Count_Hor, Count_Vert, Percent) \vee Int(Int_N + Int_S, Int_W, Count_Vert, Count_Hor, Percent) \vee Int(Int_N + Int_S, Int_E, Count_Vert, Count_Hor, Percent)$.

Реализованный модуль анализа допустимости дислокации объекта является экспертной подсистемой, которая на основании заранее выявленных правил дислокации объектов (знаний) и идентифицированных пространственно-логических связей, представленных в виде предикатов, определяет возможность или невозможность дислокации дорожного объекта на определенном участке УДС. Данный модуль является интеллектуальным объектом системы. Он воспринимает информацию от пользователя, производит необходимый анализ полученной информации и выдает свое решение пользователю – говорит о невозможности дислокации

данного объекта на выбранном участке УДС или информирует систему о возможности дислокации объекта, в результате чего происходит дислокация объекта.

Список литературы

1. Абламейко С. В. Географические информационные системы. Создание цифровых карт / С. В. Абламейко, Г. П. Апарин, А. Н. Крючков. – Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000. – 276 с.
2. Горбачев В. Г. Что такое «топологические» отношения в цифровой картографии или для чего топологические отношения нужны в геоинформатике? / В. Г. Горбачев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.integro.ru/metod/topo_relations.htm. – Дата доступа: 30.10.2004.
3. Государственный стандарт Российской Федерации. Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования: ГОСТ Р 51607– 2000. – Введ. 01.01.01. – М.: Госстандарт России: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 8 с.
4. Михеева Т. И. Геоинформационная составляющая объектной модели улично-дорожной сети города / Т. И. Михеева, Р. В. Демьяненко // Самарский гос. аэрокосм. ун-т [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.unn.ru/nelin_mir/files/miheeva_demyanenko.doc. – Дата доступа: 16.09.2007.
5. Халугин Е. И. Цифровые карты / Е. И. Халугин, Е. А. Жалковский, Н. Д. Жданов. – М.: Недра, 1992. – 419 с.
6. Шумова О. В. Топология на электронных тематических картах / О. В. Шумова // Геодезия и картография. – 2003. – № 5. – С. 35–39.

Рецензенты:

Титов Борис Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой организации и управления перевозками на транспорте, ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет)», г. Самара.

Хайтбаев Валерий Абдурахманович, доктор экономических наук, профессор кафедры организации и управления перевозками на транспорте, ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет)», г. Самара.