

Радионов Иван Алексеевич – e-mail: radionov87@gmail.com; тел.: 88634360707; кафедра синергетики и процессов управления; аспирант.

Veselov Gennady Evgen'evich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University"; e-mail: deanfib@tti.sfedu.ru; GSP-284, 2, Chekhov street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634360450; informational security college; dean.

Radionov Ivan Alekseevich – e-mail: radionov87@gmail.com; phone: +78634360707; the department of synergetics and control; postgraduate student.

УДК 519.688

С.Л. Беляков, М.Л. Белякова, И.Н. Розенберг, М.Н. Савельева

ПРЕЦЕДЕНТНЫЙ АНАЛИЗ МАРШРУТОВ НА ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТАХ*

Предложена модель накопления и использования опыта маршрутизации в условиях неопределённости. Особенность модели состоит в использовании электронных географических карт для представления экспертом-логистом практически опробованных маршрутов. На основании данных о размещении траекторий перемещения производится разбиение карты на зоны. Новизна модели заключается в описании прецедентов на картах, используя в качестве меры сходства риск перемещения по маршруту. Описана структура области прецедента. Проведен анализ риска перемещения по участкам сети, прилегающим к траектории передвижения, с целью расширения области прецедента. Приведена иллюстрация примера разбиения электронной карты на прецедентные области и построение маршрутов в зависимости от зон, а также представлен образец конструирования области прецедента.

ГИС; прецедентный анализ; логистический опыт; маршрутизация.

S.L. Beliacov, M.L. Beliacova, M.N. Savelyeva

THE CASE ANALYSIS OF ROUTES ON ELECTRONIC CARDS

In this paper we propose a model of accumulation and use of experience routing under uncertainty. Feature of the model is the use of electronic maps for submission to the expert logistician practically tested routes. On the basis of data on the location of the trajectories move partition the map into zones. The novelty of the model is to describe the precedents on the maps, using as similarity measure the risk of displacement along the route. We describe the structure of a precedent. The analysis of the risk of moving parts of the network adjacent to the path of movement, in order to expand the field of precedent. An illustration of example is provided of partitioning an electronic map on the precedent and the construction of routes depending on the zones, as well as a sample design of a precedent.

GIS; precedent analysis; logistic experience; routing.

Маршрутизация представляет собой процесс определения наилучшего пути при транспортировке груза [1]. Проблема при решении такой задачи заключается в неполноте, неточности информации и многофакторности описания транспортной среды. Качество перемещения груза зависит от большого количества различных факторов, начиная от свойств перевозимого продукта и заканчивая свойствами объектов транспортной среды, влияющих на груз. Иметь полную информацию обо всех этих показателях практически невозможно, поэтому при решении задачи маршрутизации значительную роль играют знания и опыт экспертов-логистов.

* Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 10-01-00029а.

Использование опыта интеллектуальными информационными системами рассматривается как «сильный» метод решения задач. Одним из способов решения задачи маршрутизации является метод, основанный на анализе прецедентов [2, 3].

Прецедент в задаче маршрутизации – это событие, произошедшее в процессе транспортировки груза в прошлом и служащее примером или основанием для построения маршрута в настоящем. Фактически, это маршрут, построенный и проанализированный ранее экспертом-логистом. На основании подобных результатов эксперт строит рациональные маршруты в дальнейшем.

Все прецеденты носят пространственно-временной характер, поэтому адекватным средством представления и накопления является геоинформационная система (ГИС) [4].

Отличительная особенность рассматриваемой модели маршрутизации – в представлении прецедентов зонами на электронной карте ГИС.

Если Ω – непрерывная область карты, а $R_L \subset \Omega$ – непрерывная область (зона) прецедента, то маршрут из любой точки A в любую точку B внутри зоны прецедента $L_{AB} \in R_L$ и обобщенная цена этого пути определяется как

$$L^* = \alpha \cdot L_{AB},$$

где $\alpha_{R_L} \geq 1$ – коэффициент риска, устанавливаемый экспертным путем. Его величина выводится из опыта перемещения по маршрутам в зоне R_L . Очевидно, что если

$$\begin{aligned} L_{AB} \notin R_L, \\ \text{то } L^* = \alpha \cdot L_{AB}, \text{ где } \alpha > \alpha_{R_L}. \end{aligned}$$

Данные соотношения отражают полезность опыта: изученные области транспортировки снижают риск.

Если в базе знаний ГИС накоплена информация об N прецедентах, то это означает, что существует подмножество областей

$$\begin{aligned} R = \{R_{L_1}, R_{L_2}, \dots, R_{L_N}\}, \\ R \subset \Omega, \end{aligned}$$

которые используются в прецедентном анализе строящегося маршрута между произвольно заданными точками A и B . Сценарий прецедентного анализа в данном случае состоит в следующем:

1) на транспортной сети исходной карты Ω строится кратчайший маршрут L_Ω каким-либо известным способом (например, методом Дейкстры [5]) и определяется его цена с учетом риска

$$L_\Omega^* = \alpha_\Omega \cdot L_\Omega,$$

где α_Ω – коэффициент транспортировки в сети области Ω ;

2) последовательно рассматриваются альтернативные варианты маршрутов. Каждая альтернатива – это путь L_i , где $i = 1, 2, \dots$, проходящий через подмножество областей прецедентов

$$R_{L_i} \subseteq R.$$

Прецеденты из R_{L_i} должны быть «близкими» к L_Ω , чтобы дать полезное решение с «меньшей» длиной пути.

Иллюстрация процедуры прецедентного анализа показана на рис. 1.

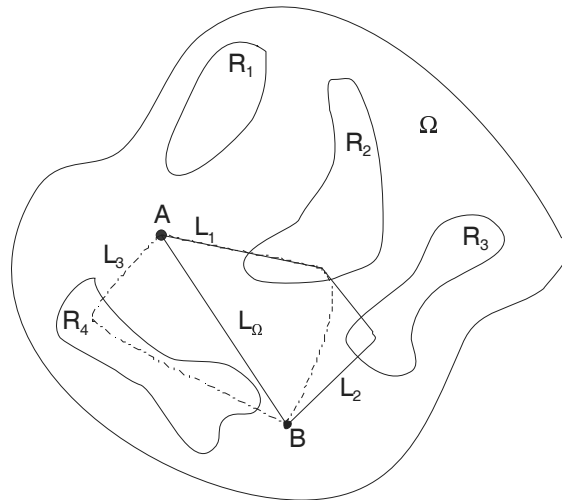


Рис. 1. Иллюстрация процедуры прецедентного анализа

Здесь $\{R_1, R_2, R_3, R_4\}$ – множество областей прецедентов; L_1, L_2, L_3 – альтернативные пути из A в B; L_Ω – кратчайший путь по транспортной сети; $R_{L_1} = \{R_2\}$, $R_{L_2} = \{R_2, R_3\}$, $R_{L_3} = \{R_4\}$.

Адаптация решений, характерная для прецедентного анализа, заключается в нахождении наилучшего пути «внутри» зоны прецедента.

Эффективность применения предполагаемой модели прецедентного анализа, как можно видеть, зависит от степени покрытия исходной карты Ω множеством R. Очевидно, что степень покрытия растет по мере следования ранее неизученных частей Ω . Полная изученность означает $\Omega \subseteq R$.

Вместе с тем процедура конструирования области прецедента не является однозначной. Структура области прецедента может быть описана как

$$R = F \cup E,$$

где F – базовая траектория транспортного средства, E – область окружения, образованная прилегающими к транспортной сети объектами. Выпуклая оболочка таких объектов образует границу области E (рис. 2).

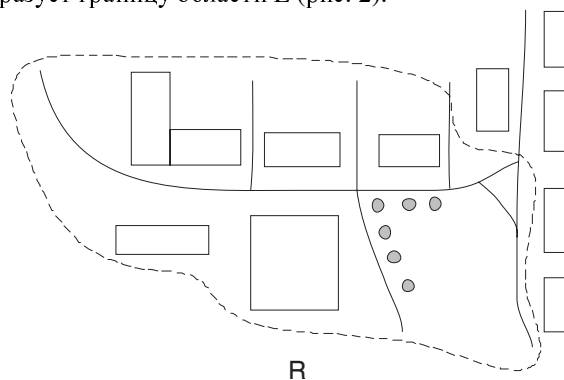


Рис. 2. Пример конструирования области прецедента

Здесь область прецедента R охватывает прилегающие здания. Логика построения таких областей рассматривается в [6].

Площадь области R может быть увеличена путем анализа риска перемещения по участкам сети, прилегающим к траектории прецедента.

Рассмотрим участок, изображенный на рис. 3.

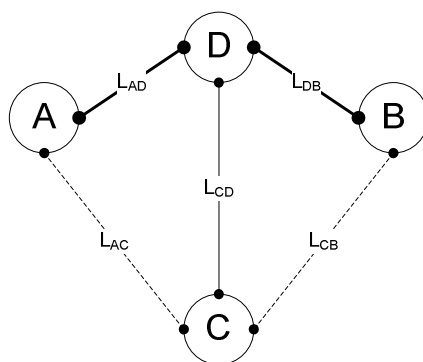


Рис. 3. Пример фрагмента транспортной сети, предназначенный для иллюстрации понятия риска

На рис. 3 дуги, выделенные жирным, – это дуги, которые проверены экспертом-логистом и включены в кластер, а все остальные – это те дуги, которые необходимо проверить на возможность включения в кластер.

$$\alpha > \frac{L_{AD}}{L_{AC} - L_{CD}}. \quad (1)$$

Данное выражение получено из рассуждения о том, что новый путь имеет смысл включать в кластер при условии, если этот путь с учетом риска является лучше, чем уже имеющийся, т.е. $L_{AD} + \alpha L_{CD} < \alpha L_{AC}$. Если условие (1) выполняется, то, следовательно, рассматриваемая дуга CD включается в прецедентную область (в зону), но уровень риска при этом не должен превышать порогового значения q , определяемого экспертом-логистом.

Данное построение кластера производится до тех пор, пока выполняется условие (1), но при этом риск не должен превышать порогового значения q . Получение такой зоны помогает оценивать маршрут и строить подходящий, базируясь на опыте.

Такое расширение области прецедента базируется на методе ближайшего соседа, где мерой сходства является риск α .

Анализируя полученное соотношение, можно заметить, что область прецедента R растет тем значительней, чем ниже степень риска выбора маршрута внутри области прецедента. Таким образом, задаваясь уровнем риска в области Ω , можно получать различное расширение и степень покрытия $R \subset \Omega$.

В результате проведенного анализа могут быть сделаны следующие выводы.

Картографическое описание прецедентов маршрутизации позволяет использовать свойство непрерывности карт и отображать прецеденты зонами. Зона описывает и ситуацию, и решение.

Процедура маршрутизации в этом случае сводится к поиску подмножества прецедентов, ближайших к кратчайшему пути в транспортной сети.

Описанная модель маршрутизации применима в задачах риск-анализа, когда результат транспортировки зависит от набора трудноформализуемых условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукинский В.С., Бережной В.И., Бережная Е.В. и др. Логистика автомобильного транспорта: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004.
2. Гордиенко Л.В. Использование прецедентного анализа при решении логистических задач. // Научная сессия МИФИ-2008. – 2008. – Т. 10. – С. 137-138.

3. *Беляков С.Л., Гордиенко Л.В.* Прецедентный анализ логистических операций в геоинформационных системах // Программные продукты и системы. – 2008. – № 4.
4. *Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. и др.* Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / Под ред. В.С. Тикунова. – М.: Изд. центр «Академия», 2005.
5. *Майника Э.* Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. – М.: Мир, 1981.
6. *Розенберг И.Н., Беляков С.Л.* Программные интеллектуальные оболочки геоинформационных систем / Под ред. Л.С. Берштейна. – М.: Научный мир, 2010.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Е.А. Башков.

Беляков Станислав Леонидович – Научно-технический центр «Информационные технологии» федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: beliacov@yandex.ru; 347922, г. Таганрог, Октябрьская пл., 4; тел.: 88634371731; д.т.н.; профессор.

Белякова Марина Леонтьевна – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: asni@fep.tti.sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371638; кафедра автоматизированных систем для научных исследований; к.т.н.; доцент.

Савельева Марина Николаевна – e-mail: marina.n.savelyeva@gmail.com; тел.: 88634371743; кафедра прикладной информатики; аспирантка.

Розенберг Игорь Наумович – ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт инженеров железнодорожного транспорта» (НИИАС); e-mail: I.kudreyko@gismps.ru; 109029, г. Москва, ул. Нижегородская, д. 27, стр. 1; тел.: 84959677701; зам. генерального директора; д.т.н.

Beliacov Stanislav Leonidovich – Scientific and Technical Center "INTECH" of «Southern Federal University»; e-mail: beliacov@yandex.ru; 4, Oktyabrskaya square, Taganrog, 347922, Russia; phone: +78634371731; dr. of eng. sc.; professor.

Beliacova Marina Leontyevna – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: asni@fep.tti.sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371638; the department of automated systems for research; cand. of eng. sc.; associate professor.

Savelyeva Marina Nikolaevna – e-mail: marina.n.savelyeva@gmail.com; phone: +78634371743; the department of applied information science; postgraduate student.

Rozenberg Igor Naumovich – Public corporation “Research and development institute of railway engineers”; e-mail: I.kudreyko@gismps.ru; phone: +78634371638; 27/1, Nizhegorodskaya street, Moscow, 109029, Russia; deputy director; dr. of eng. sc.

УДК 621.337.1:681.326.3

К.И. Юренко, Е.И. Фандеев

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЕДЕНИЯ ПОЕЗДА

Создание интеллектуальной транспортной системы железнодорожного транспорта предполагает внедрение бортовых систем автоматического ведения поезда (автоведения), самодиагностики, передачи информации о фактическом состоянии локомотива по радиоканалу в режиме реального времени. Одним из основных требований к бортовой системе автоведения является соответствие требованиям норм безопасности (НБ) по сертификации: выполнение ограничений скорости и реакция на сигналы автоблокировки (све-