УДК 519.754.530.1

ВЫБОР НАИБОЛЕЕ БЕЗОПАСНОГО МАРШРУТА С УЧЕТОМ КОНФИГУРАЦИИ ТРАССЫ

А.А. Плехова, доцент, к.т.н., О.Г. Холева, ассистент, ХНАДУ

Аннотация. *Предложен выбор безопасного маршрута с учетом конфигурации и трассы; при этом основным критерием является вероятность безотказной работы, которая для отдельной трассы определяется ее внутренней геометрией (числом криволинейных участков и их радиусами кривизны).*

Ключевые слова: *число изломов, радиусы кривизны, углы поворота, технологичность, надежность.*

ВИБІР НАЙБІЛЬШ БЕЗПЕЧНОГО МАРШРУТУ З УРАХУВАННЯМ КОНФІГУРАЦІЇ ТРАСИ

Г.А. Плєхова, доцент, к.т.н., О.Г. Холєва, асистент, ХНАДУ

Анотація. *Запропоновано вибір безпечного маршруту з урахуванням конфігурації і траси; при цьому основним критерієм є ймовірність безвідмовної роботи, яка для окремої траси визначається її внутрішньою геометрією (числом криволінійних ділянок та їх радіусами кривизни).*

Ключові слова: *число зламів, радіуси кривизни, кути повороту, технологічність, надійність.*

SELECTION OF THE MOST SAFE ROUTE TAKING INTO ACCOUNT THE HIGHWAY CONFIGURATION

A. Plekhova, Associate Professor, Candidate of Technical Science,
O. Kholeva, assistant, KhNAHU

Abstract. *A safe route selection based on highway configuration and route is offered, while the basic criterion is the probability of failure, which for a particular route is determined by its internal geometry (number of curved sections and their radii of curvature).*

Key words: *number of fractures, curvature radii, angles, manufacturability, reliability.*

Введение

При решении этой задачи важными критериями являются показатели надежности. Среди различных показателей надежности основным можно считать вероятность безотказной работы (ВБР), которая для отдельной трассы определяется ее внутренней геометрией (числом криволинейных участков и их радиусами кривизны). Показатель надежности сети определяется через показатели надежности составляющих ее трасс.

В целях данного исследования можно считать, что показатель надежности $b(p)$ (т.е. ВБР) для трассы p зависит от ее положения в области F и основных параметров, определяющих ее внутреннюю геометрию.

В качестве таких основных геометрических параметров трассы p выступают ее длина $l(p)$, число изломов $n(p)$, если это ломаная, или число $m(p)$ входящих в нее круговых вставок и переходных кривых и их радиусы кривизны $\{\rho_i\}_{i=1,m(p)}$ (либо – для ломаной – углы поворота $\{\varphi_i\}_{i=1,m(p)}$). Именно эти параметры, а также геометрическое положение трассы p в области F, описывающей одно-

родную или неоднородную территорию, в первую очередь определяют стоимость строительства *c(p)* и удельные эксплуатационные расходы *e(p)*, технологичность *t(p)* и надежность *b(p)*.

Анализ публикаций

Проектированию скоростных дорог посвящены многие научные работы отечественных и зарубежных ученых. Одними из последних работ по проектированию скоростных трасс минимальной длины с учетом комфорта и безопасности движения для водителей являются работы Плеховой А.А. и Смелякова С.В. [1, 2]. В отличие от моделей трасс, упомянутых выше, где трассы состоят из прямолинейных участков и связывающих их кривых типа параболы и окружности больших радиусов, в данной статье в качестве связывающих кривых рассмотрены кривые типа клотоид.

Цель и постановка задачи

Цель статьи – выбор наиболее безопасного маршрута при движении специализированной техники и машин МЧС.

Методика исследования

Показатель *b(p)* является одним из важнейших при выборе трассы движения из одного пункта в другой. Он зачастую интегрирует в себе иные критерии и представляет произведение следующих вероятностных аналогов надежности, определяемых фактором длины *l(p)*, радиуса кривизны ρ_i круговых вставок и наличием *d* зон опасности, в каждой из которых находится k_j фрагментов трассы *p* единичной длины, надежность прохождения которой равна $1-g_j$. В последнем случае снижение надежности обусловлено возможным нарушением технологических требований. При отсутствии зон опасности получаем $b_d(p)=1$, и $b_m(p)=1$ – при вставке с малой кривизной или при ее отсутствии.

При этом существенно, что даже отдельные показатели эффективности могут не быть аддитивными. Важным критерием является количество поворотов, которые сопровождаются уширением или виражом, и, в силу ограничения обзора и других очевидных причин, понижает безопасность движения.

$$\begin{cases} b_l(p) = 1/l(p), \quad (l(p) \geq 1); \\ b_m(p) = \prod_{i=1}^{m} (1 - 1/\rho_i), (\rho_i \geq 1), \text{ïðè } m > 0; \\ b_d(p) = \prod_{j=1}^{d} (1 - g_j)^{k_j}. \end{cases} \quad (1)$$

Поскольку рассматриваемый класс задач соединения по самой своей природе является многокритериальным, при оптимизации в качестве целевой функции, в общем случае, следует рассматривать принцип оптимальности $R(p)$, определяющий эффективность трассы p через совокупность ее стоимостных, надежностных и иных показателей (длина, число изломов и др.) и положение трассы p в данной области F. Одним из критериев решения исходной задачи является достижение заданного или максимального уровня надежности и безопасности движения по автомобильным дорогам и железнодорожным линиям. Показатель надежности сети определяется через показатели надежности составляющих ее трасс.

В целях данного исследования можно считать, что показатель надежности $b(p)$ для трассы p зависит от ее положения в области F и основных параметров, определяющих ее внутреннюю геометрию. Тогда, с использованием модели (1), этот показатель можно оценить величиной

$$b(p) = b_l(p) \cdot b_m(p) \cdot b_d(p), \quad (2)$$

которая задает вероятность успешного прохождения трассы p одним транспортным средством. Тогда если за это время по трассе p проходит N транспортных средств (соответственно, передается поток в N единичных объемов), соответствующая вероятность равна

$$B(p) = b^N(p). \quad (3)$$

Вне зависимости от модели показателя надежности для отдельных трасс, построение показателя надежности для сети представляет, в общем, самостоятельную задачу, причем во многих случаях он определяет один из важнейших критериев эффективности, либо

на него накладывается ограничение в целях достижения минимально допустимой вероятности безотказной работы сети. Поскольку этот показатель может описывать различные концепции соответственно целям и требованиям, предъявляемым к техническому объекту, рассмотрим типовые интегральные модели показателей надежности сетей и методы их учета.

Пусть $\{p_i\}_{i=1,k}$ – множество трасс, образующих сеть s, а $M(s)$ – множество маршрутов с фиксированными концами на s. Тогда показатели наиболее критичных (по надежности) трассы и маршрута на сети s имеют вид

$$b_{\min}(s) = \min B(p_i), \quad p_i \in s \qquad (4)$$

$$B_{\min}(s) = \min B(P_\xi), \quad P_\xi \in M(s), \qquad (5)$$

где надежность для маршрута P_ξ определяется соотношением

$$B(P_\xi) = B(p_{\xi_1})B(p_{\xi_2})\ldots B(p_{\xi_k}), \quad (P_\xi = p_{\xi_1} p_{\xi_2} \ldots p_{\xi_k}). \qquad (6)$$

Логарифмируя (5), приходим к аддитивному неотрицательному показателю

$$L(P_\xi) = -\ln B(P_\xi) = = \sum_{i=1}^{k}\left[-\ln B(p_{\xi_i})\right] = \sum_{i=1}^{k} L(p_{\xi_i}). \qquad (7)$$

Тогда значения (5) и (6) получаем, решая достаточно простые задачи минимизации и поиска минимального пути на графе.

Наряду с выше приведенными критериями оценивания надежности сети по самому ненадежному элементу, возникает необходимость оценивания надежности (или износа) транспортной или инженерной сети в целом; например, при групповых перевозках по различным маршрутам. Для этого рассмотрим среднюю вероятность безотказного прохождения маршрута по сети s

$$\overline{B}(s) = \frac{1}{N_S} \sum_{P_\xi \in M(S)} B(P_\xi). \qquad (8)$$

Поскольку в некоторых транспортных сетях необходимо предусматривать резервирование (например, кольцевание энергетических сетей), показатель надежности должен характеризовать вероятность продолжения функционирования сети при выходе из строя отдельных элементов, то есть трасс $\{p_i(A,B)\}_{i=1,N_{AB}}$ или маршрутов $\{P_\xi(A,B)\}_{\xi=1,N_{AB}}$, соединяющих пару вершин $\{A,B\}$ для заданного множества $V(A,B)$ таких пар. Тогда, с учетом резервирования, критерии (3), (4) и (7) примут вид

$$b^*_{\min}(s) = \min_{(A,B)\in V(A,B)} \begin{Bmatrix} 1-[1-B(p_1(A,B))] \\ [1-B(p_{N_{AB}}(A,B))] \end{Bmatrix} \qquad (9)$$

$$B^*_{\min}(s) = \min_{(A,B)\in V(A,B)} \begin{Bmatrix} 1-[1-B(P_1(A,B))] \\ [1-B(P_{N_{AB}}(A,B))] \end{Bmatrix} \qquad (10)$$

$$\overline{B}^*(s) = \frac{1}{N_{V(A,B)}} \sum_{(A,B)\in V(A,B)} \begin{Bmatrix} 1-[1-B(p_1(A,B))] \ \ldots \\ [1-B(p_{N_{AB}}(A,B))] \end{Bmatrix} \qquad (11)$$

Выводы

Таким образом, имеем методы оценки показателей надежности сети (3)–(11) по показателю надежности трасс (4).

Предложенный метод расчета поможет выбрать наиболее безопасный маршрут при движении спец. техники и машин МЧС (например, в случаях непредвиденных заторов на дорогах).

Литература

1. Плехова А.А. Метод оптимального решения базовой задачи о кратчайшем скруглении / А.А. Плехова // Информатика: сб. науч. тр. – К.: Наукова думка. – 1998. – Вып. 5. – С. 124–126.
2. Смеляков С.В. Математична модель деяких завдань оптимізації на шляхах С.В. Смеляков, Ю.М. Стоян // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1981. – С. 180–188.

Рецензент: П.Ф. Горбачев, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 13 марта 2013 г.