

ОБХОД ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ МАРШРУТА КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ (на примере Санкт-Петербурга)

Герштейн А. М.¹, аспирант, ✉ ArkadyGer@gmail.com
Терехов А. Н.¹, доктор физико-математических наук, профессор, a.terekhov@spbu.ru

¹ Санкт-Петербургский государственный университет,
Университетская наб., д. 7–9, 199034, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

На примере г. Санкт-Петербурга рассмотрен способ повышения безопасности дорожного движения, заключающийся в построении маршрута, обходящего препятствия, выявленные на дорожной карте (графе). Препятствиями служат ребра дорожного графа, содержащие статистически достоверно большое число дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Для проверки эффективности маршрутизации используется показатель — относительный риск ДТП, равный отношению числа ДТП вдоль маршрута, учитывающего препятствия, к числу ДТП, подсчитанных вдоль исходного, построенного без учета препятствий маршрута.

Показано, что обход препятствий позволяет снизить относительный риск ДТП на 14,5–36 % (в зависимости от длины исходного маршрута) за счет увеличения средней длины маршрута на 8–10 % и увеличения среднего числа проходимых вершин дорожного графа на 3–12 %.

Ключевые слова: транспорт, маршрутизация, относительный риск ДТП, алгоритм Дейкстры, статистическое испытание, Санкт-Петербург.

Цитирование: Герштейн А. М., Терехов А. Н. Обход опасных участков маршрута как способ повышения безопасности движения (на примере Санкт-Петербурга) // Компьютерные инструменты в образовании. 2023. № 1. С. 30–39. doi:10.32603/2071-2340-2023-1-30-39

1. ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] на примере г. Москвы был опробован способ повышения безопасности дорожного движения, заключающийся в построении маршрута, обходящего выявленные на дорожной карте (графе) препятствия. Препятствиями служат ребра дорожного графа (сегменты дороги), содержащие статистически достоверно большое число дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Каждое выявленное препятствие подвергается штрафу — добавлению некоторой величины к атрибуту длины соответствующего ребра дорожного графа, после чего запускается обычный алгоритм маршрутизации, определяющий маршрут минимальной (с учетом штрафов) длины (см., например [2, 3]).

В данной работе тот же подход применен к Санкт-Петербургу. Результаты расчетов показывают, что и в случае Санкт-Петербурга выделение и последующий обход препятствий позволяет существенно снизить средний относительный риск ДТП¹ за счет некоторого увеличения длины маршрута и числа проходимых вдоль маршрута вершин дорожного графа.

2. ДАННЫЕ

Как и в предыдущей работе [1], воспользуемся глобальной картой мира OpenStreetMap (OSM) [4] для получения дорожной сети, на этот раз — города Санкт-Петербурга. Для получения дорожной сети проще всего воспользоваться библиотекой OSMnx для языка Python (см. [5]). Полученная дорожная сеть представляет собой мультидиграф, то есть, направленный граф, ребра которого могут быть одно- и двунаправленными, а через любые две вершины графа могут проходить сколько угодно ребер. Пакет OSMnx позволяет сохранить исходный граф в виде двух отдельных объектов — ребер и вершин в векторном формате «.shp», что позволяет отобразить дорожную сеть в геоинформационной системе (в нашем случае это QGIS 3.10 [6]).

Несмотря на значительно меньшую по сравнению с Москвой численность населения Санкт-Петербурга, его дорожная сеть, полученная из OSMnx, мало уступает, как это видно из табл. 1, в сложности московской и насчитывает 30352 ребра² (35134 ребра для Москвы). Статистика длин ребер дорожного графа обоих городов, приведенная в табл. 2, показывает, что дорожные сегменты (ребра дорожного графа) для Санкт-Петербурга в среднем короче московских (на 36 % если судить по медианам).

Таблица 1. Параметры дорожных сетей Москвы и Санкт-Петербурга

Показатель	Москва	Санкт-Петербург
Всего вершин	16797	14624
Всего ребер	25415	22787
Однонаправленных	15696	15222
Двунаправленных	9719	7565

Таблица 2. Описательная статистика длин (в метрах) ребер дорожного графа для Москвы и Санкт-Петербурга

Показатель	Москва	Санкт-Петербург
Средняя длина	217,4	155,1
Ст. отклонение	275,5	219,2
Минимум	1,06	0,66
25 % процентиль	47,2	24,1
Медиана	127,9	81,9
75 % процентиль	291,6	197,9
Максимум	8043	4542

Что же касается данных о ДТП, то они получены из официального источника ГИБДД [7]. Для данного исследования мы выбрали записи о 16865 серьезных (то есть,

¹ Под относительным риском ДТП (ОРДТП) понимается отношение числа ДТП вдоль маршрута, учитывающего препятствия, к числу ДТП, подсчитанных вдоль исходного, построенного без учета препятствий, маршрута.

² При этом каждое двунаправленное ребро рассматривается как два ребра.

приведших к травме хотя бы одного из участников) ДТП, зафиксированных в Санкт-Петербурге в 2019–2021 годах. Поскольку дорожная сеть Санкт-Петербурга и данные о ДТП получены из независимых источников, необходимо удалить ДТП, явно не принадлежащие (например, из-за ошибки регистрации) дорожной сети. С этой целью мы оставили для дальнейшего анализа лишь те ДТП, чье расстояние до ближайшего ребра дорожной сети меньше 35 м³. Всего таких ДТП оказалось 13503.

3. ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОД

Как и в работе [1], для каждого ребра дорожного графа можно подсчитать число принадлежащих ему ДТП и затем найти ребра, в которых число ДТП превышает, скажем, 95-ю перцентиль значений, полученных в результате статистических испытаний, достаточно подробно описанных в [1]. Считая число ДТП таких ребер статистически значимым (на уровне 0,95), будем в дальнейшем использовать такие «опасные» ребра в качестве препятствий.

Для этого создадим граф G_0 , представляющий дорожную сеть Санкт-Петербурга, и его копию — граф G_1 . Граф G_0 оставим без изменений, а в графе G_1 добавим к атрибуту длины $\langle \text{Length} \rangle$ ребер, выбранных в результате статистических испытаний, достаточно большое число (штраф), одинаковое для всех ребер, чтобы показать алгоритму маршрутизации, что эти ребра нежелательны в прокладываемом маршруте и их по возможности следует избегать.

Нам осталось только сравнить все маршруты, проложенные по графам G_0 и G_1 , и убедиться в том, что маршруты на графе G_1 в некотором смысле безопасней. Для этого зададим квадратную сетку с фиксированным шагом, равным в нашем случае 3 км, и построим все маршруты, начинающиеся и заканчивающиеся в вершинах графа, ближайших к узлам сетки. Обозначим два любых узла сетки как A и B и найдем маршрут $A \rightarrow B$ ⁴ на графе G_0 и маршрут $A \rightarrow B$ на графе G_1 . Для сравнения этих маршрутов подсчитаем относительный риск ДТП (ОРДТП), равный отношению ДТП, случившихся вдоль маршрута $A \rightarrow B$ к числу ДТП, произошедших вдоль маршрута $A \rightarrow B$. Если в среднем ОРДТП < 1 , то маршруты, проложенные по графу G_1 , более безопасны, чем маршруты, определенные на исходном графе G_0 .

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Для статистических испытаний были выбраны первые 2000 ребер дорожного графа, содержащие наибольшее количество ДТП, поскольку расчеты для всех 30352 ребер крайне трудоемки⁵ и, по большому счету, бессмысленны. Всего для каждого ребра из 2000 было проведено 1000 испытаний, значимо «опасными» оказались на уровне 0.95 — 983 ребра, из которых, как и в работе [1], использовались первые 800 ребер, содержащих наибольшее число ДТП. На рисунке 1 показаны 983 ребра-препятствия на карте Санкт-Петербурга. Ребра с различным числом ДТП показаны разным цветом (0–4 ДТП — черный, 4–7 ДТП — красный, 7–18 ДТП — желтый). В таблице 3 приведен список десяти сегментов дороги (с координатами начала и конца сегмента) с наибольшим числом ДТП.

³ Если считать ширину полосы равной 3.5 м., а максимальное количество полос равным 10, то 35 м. будет служить оценкой максимальной ширины полосы.

⁴ Маршрут $A \rightarrow B$ не эквивалентен $B \rightarrow A$, поскольку может содержать однонаправленные ребра.

⁵ Все расчеты производились на рабочей станции с четырехъядерным процессором и 32 гб оперативной памяти.



Рис. 1. Препятствия, отображенные на дорожной карте Санкт-Петербурга

Таблица 3. Дорожные сегменты в Санкт-Петербурге с наибольшим числом ДТП

Описание	Начало (широта, долгота)	Конец (широта, долгота)	ДТП
КАД 58–60 км внутр.	59,8523, 30,4745	59,8352, 30,4484	18
КАД 81–83 км внешн.	59,8344, 30,4477	59,8524, 30,4753	18
КАД 74 км	59,8114, 30,3423	59,8151, 30,3615	17
КАД 35–37 км	60,0155, 30,4664	59,9931, 30,4798	16
Литейный проспект от ул. Пестеля до ул. Некрасова	59,9429, 30,3484	59,9390, 30,3482	15
Пр-т Энгельса от пр. Луначарского до Выборгского шоссе	60,0438, 30,3279	60,0361, 30,322	14
Ленинский проспект от ул. Зины Портновой до бульвара Новаторов	59,8518, 30,2564	59,8518, 30,2678	14
Свердловская набережная от ул. Ватутина до ул. Арсенальной	59,9595, 30,3839	59,9549, 30,3746	14
Проспект Науки от Гражданского пр. до ул. Бутлерова	60,0130, 30,3978	60,011, 30,4058	14
КАД 102 км	59,9824, 30,5070	59,9866, 30,4904	14

После получения препятствий порядок действий становится таким же, как и в [1]. Необходимо, пользуясь квадратной сеткой, наложенной на карту Санкт-Петербурга, перебрать все начальные и конечные точки сетки и для каждого маршрута $A \rightarrow B$, проложенного без учета препятствий, вычислить маршрут $A \rightarrow B$, имеющий те же начальную и конечную точки, но проложенный с учетом препятствий. Далее следует сравнить

все такие маршруты и понять, как в среднем меняется относительный риск ДТП, длина маршрута и число проходимых вершин. Этот анализ был проведен для различных значений штрафа, налагаемого на препятствие, чтобы понять, как он влияет на эффективность альтернативной маршрутизации.

Результаты расчетов показаны на рисунках 2–4 и в таблицах 4–6. Кроме самих значений в таблицах 4–6 приведены более мелким шрифтом, а на рисунках показаны цветом меньшей насыщенности 95 % доверительные интервалы значений, полученные бутстрэп-методом⁶. В качестве препятствий использовались первые 800 значимых на уровне 0,95 ребер, а в качестве штрафа значения 200, 500, 1000, 2000, и 5000 метров.

Если учитывать только относительный риск ДТП, то оптимальным будет штраф, равный 5000 м. Но при этом (см. рис. 3 и 4) сильно возрастет проигрыш в длине маршрута и числе проходимых вершин дорожного графа.

Как показывают рис. 2 и таблица 4, штрафы, равные 1000 м и 2000 м, дают практически одинаковую зависимость среднего относительного риска от длины первоначального маршрута. Но при этом, как это следует из рисунков 3 и 4, для штрафа 1000 м значительно уменьшается проигрыш в длине маршрута и числе проходимых вершин дорожного графа. Поэтому штраф 1000 м следует считать оптимальным. Для этого значения штрафа, согласно таблице 5, среднее отношений длин маршрута колеблется в пределах 1.08–1.1, то есть среднее уменьшение относительного риска на 14,5–36 % достигается при штрафе 1000 м за счет увеличения средней длины маршрута на 8–10 %. Уменьшение относительного риска сопровождается, как это следует из рис. 4 и таблицы 6, еще одной потерей: увеличением числа проходимых вершин дорожного графа примерно на 3–12 % (для штрафа 1000 м) в зависимости от протяженности исходного маршрута.

Как видно из рис. 2 и таблицы 4, минимальное значение риска 0,616 достигается при значении штрафа 5000 м.

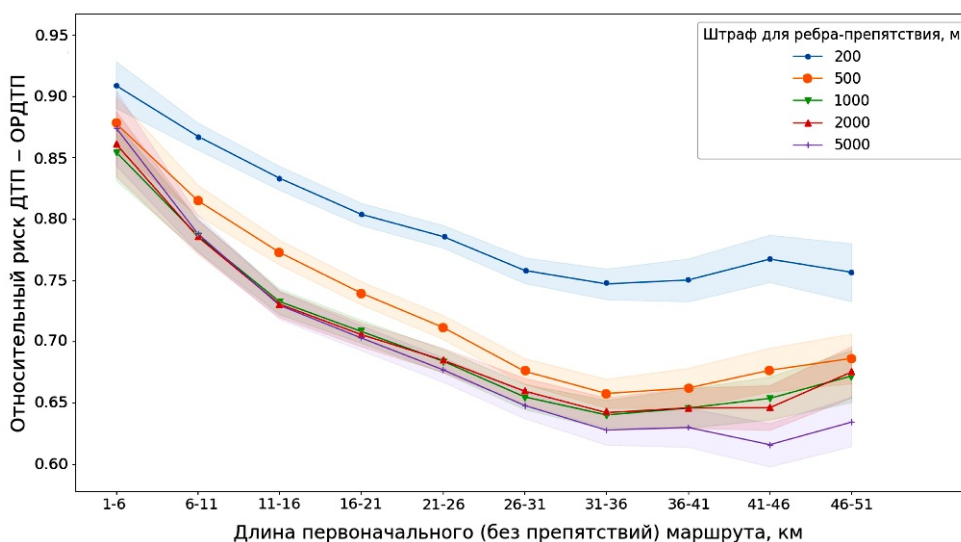


Рис. 2. Относительный риск ДТП в зависимости от длины исходного маршрута и штрафа для ребра-препятствия с 95 % доверительными интервалами

⁶ Бутстрэп — это статистический метод для оценки количественных показателей популяции путем усреднения оценок по нескольким небольшим выборкам данных. Выборки создаются путем извлечения наблюдений из большой выборки данных по одному за раз и возврата их в выборку данных после того, как они были выбраны. Конкретные расчеты проводились с помощью пакета bootstrapped для языка Python.

Таблица 4. Относительный риск ДТП в зависимости от длины исходного маршрута и штрафа для ребра-препятствия с 95 % доверительными интервалами

Интервал, км	Число маршрутов	200 м	500 м	1000 м	2000 м	5000 м
1-6	297	0,909 0,890–0,928	0,878 0,857–0,899	0,855 0,831–0,879	0,861 0,834–0,888	0,874 0,844–0,904
6-11	853	0,867 0,857–0,878	0,815 0,803–0,828	0,786 0,773–0,800	0,785 0,771–0,799	0,788 0,773–0,803
11-16	1231	0,833 0,824–0,843	0,773 0,763–0,783	0,733 0,722–0,743	0,730 0,720–0,742	0,730 0,718–0,741
16-21	1272	0,804 0,795–0,813	0,739 0,730–0,749	0,708 0,699–0,718	0,706 0,696–0,715	0,703 0,692–0,713
21-26	1088	0,786 0,776–0,795	0,712 0,702–0,721	0,684 0,674–0,694	0,685 0,675–0,694	0,677 0,667–0,687
26-31	768	0,758 0,747–0,769	0,676 0,665–0,686	0,655 0,645–0,665	0,660 0,649–0,670	0,648 0,637–0,658
31-36	493	0,747 0,734–0,760	0,658 0,646–0,670	0,640 0,628–0,652	0,642 0,630–0,654	0,628 0,615–0,640
36-41	233	0,750 0,733–0,768	0,662 0,646–0,678	0,646 0,630–0,661	0,646 0,630–0,662	0,630 0,613–0,646
41-46	97	0,767 0,748–0,787	0,677 0,659–0,695	0,654 0,636–0,672	0,646 0,628–0,664	0,616 0,598–0,633
46-51	53	0,757 0,733–0,780	0,686 0,666–0,707	0,672 0,651–0,694	0,675 0,654–0,696	0,634 0,614–0,655
Доля измененных маршрутов		0,82	0,88	0,92	0,94	0,95

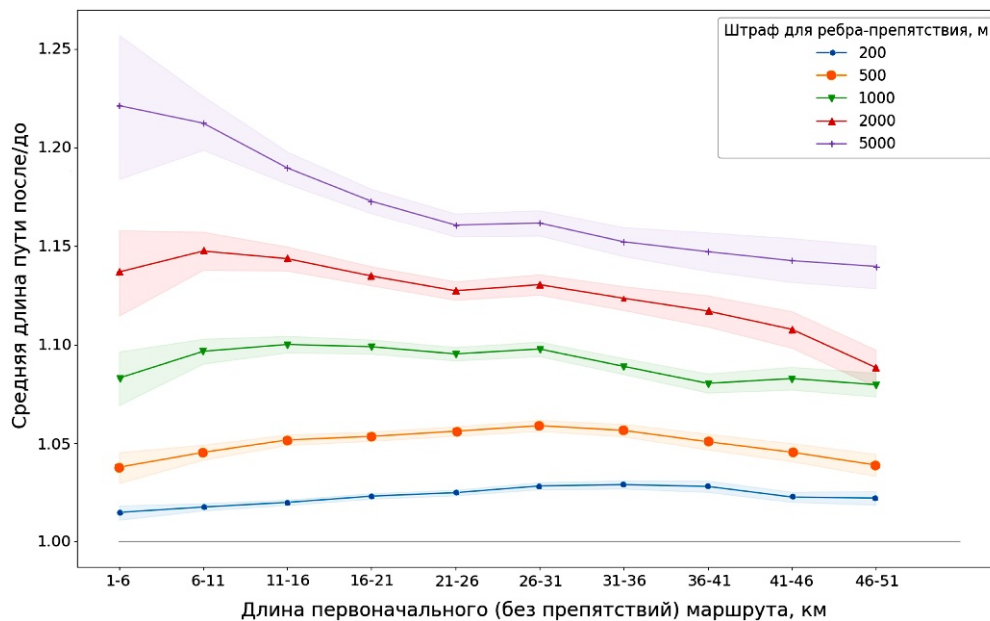


Рис. 3. Зависимость средних отношений длин маршрутов (Длина при обходе УПО/ Первоначальная длина) для различной длины оригинального маршрута и различных значений штрафа для ребра-препятствия

Таблица 5. Средние отношения длин маршрутов (после / до) для различной длины оригинального маршрута и различных значений штрафа для ребра-препятствия (с 95 % доверительными интервалами)

Интервал, км	Число маршрутов	200 м	500 м	1000 м	2000 м	5000 м
1–6	297	1,015	1,038	1,083	1,137	1,221
		1,011–1,018	1,030–1,045	1,070–1,096	1,115–1,158	1,183–1,257
6–11	853	1,018	1,045	1,097	1,148	1,213
		1,016–1,019	1,041–1,049	1,090–1,103	1,138–1,157	1,199–1,226
11–16	1231	1,020	1,052	1,100	1,144	1,190
		1,018–1,021	1,049–1,054	1,096–1,104	1,138–1,150	1,182–1,198
16–21	1272	1,023	1,053	1,099	1,135	1,173
		1,022–1,025	1,051–1,056	1,095–1,103	1,130–1,140	1,167–1,179
21–26	1088	1,025	1,056	1,095	1,127	1,161
		1,023–1,026	1,054–1,059	1,092–1,099	1,123–1,132	1,155–1,166
26–31	768	1,028	1,059	1,098	1,130	1,162
		1,026–1,030	1,056–1,062	1,094–1,101	1,125–1,136	1,155–1,168
31–36	493	1,029	1,056	1,089	1,124	1,152
		1,027–1,031	1,053–1,060	1,085–1,093	1,117–1,130	1,145–1,160
36–41	233	1,028	1,051	1,080	1,117	1,147
		1,025–1,031	1,047–1,055	1,075–1,085	1,109–1,125	1,138–1,157
41–46	97	1,023	1,045	1,083	1,108	1,143
		1,020–1,025	1,041–1,050	1,077–1,089	1,098–1,117	1,131–1,154
46–51	53	1,022	1,039	1,080	1,088	1,140
		1,019–1,026	1,033–1,045	1,074–1,086	1,078–1,097	1,128–1,150
Доля измененных маршрутов		0,82	0,88	0,92	0,94	0,95

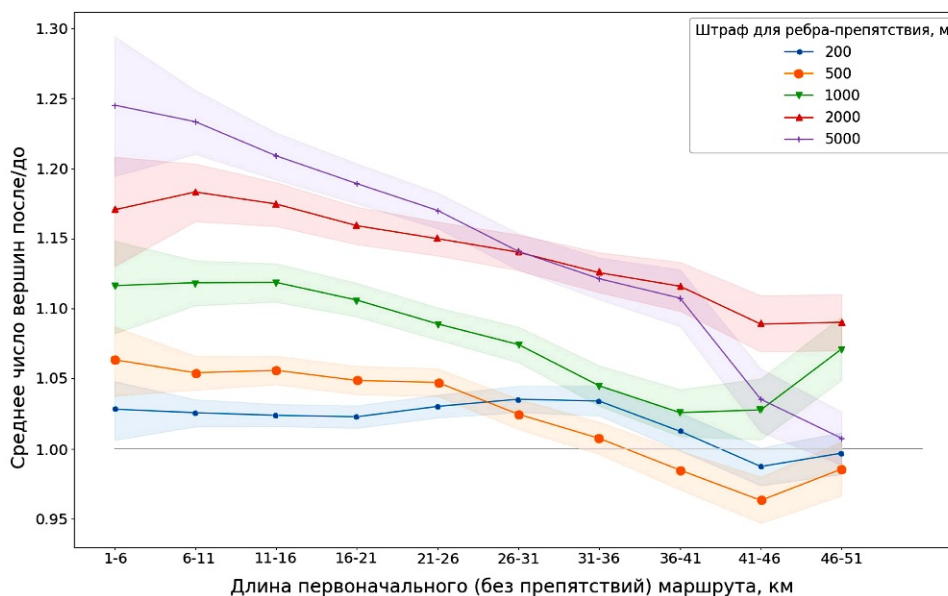


Рис. 4. Средние отношения числа вершин маршрутов (после / до) для различной длины оригинального маршрута и различных значений штрафа для ребра-препятствия (с 95 % доверительными интервалами)

Таблица 6. Средние отношения числа вершин маршрутов (после/до) для различной длины оригинального маршрута и различных значений штрафа для ребра-препятствия (с 95 % доверительными интервалами)

Интервал, км	Число маршрутов	200 м	500 м	1000 м	2000 м	5000 м
1–6	297	1,028	1,064	1,116	1,171	1,245
		1,007–1,047	1,038–1,088	1,081–1,149	1,129–1,208	1,193–1,296
6–11	853	1,026	1,054	1,118	1,183	1,233
		1,016–1,035	1,041–1,067	1,102–1,134	1,163–1,203	1,210–1,256
11–16	1231	1,024	1,056	1,119	1,175	1,209
		1,016–1,032	1,046–1,066	1,105–1,132	1,159–1,190	1,192–1,226
16–21	1272	1,023	1,049	1,106	1,159	1,189
		1,015–1,031	1,039–1,059	1,094–1,118	1,146–1,173	1,175–1,203
21–26	1088	1,030	1,047	1,089	1,150	1,170
		1,022–1,038	1,037–1,057	1,077–1,101	1,138–1,162	1,158–1,183
26–31	768	1,035	1,025	1,074	1,140	1,141
		1,026–1,045	1,014–1,036	1,061–1,087	1,127–1,153	1,128–1,154
31–36	493	1,034	1,007	1,045	1,126	1,121
		1,023–1,045	0,996–1,019	1,031–1,059	1,111–1,140	1,106–1,136
36–41	233	1,012	0,985	1,026	1,116	1,107
		0,999–1,026	0,971–0,999	1,009–1,042	1,098–1,133	1,086–1,128
41–46	97	0,987	0,963	1,028	1,089	1,035
		0,973–1,001	0,947–0,980	1,006–1,050	1,069–1,109	1,012–1,058
46–51	53	0,997	0,985	1,071	1,090	1,007
		0,982–1,011	0,966–1,004	1,049–1,094	1,071–1,110	0,988–1,026
Доля измененных маршрутов		0,82	0,88	0,92	0,94	0,95

5. ВЫВОДЫ

Обход препятствий⁷, которыми служат ребра дорожного графа г. Санкт-Петербурга, содержащие статистически достоверно большое число дорожно-транспортных происшествий (ДТП), позволяет снизить относительный риск ДТП на 14,5–36 % (в зависимости от длины исходного маршрута) за счет увеличения средней длины маршрута на 8–10 % и увеличения среднего числа проходимых вершин дорожного графа на 3–12 %.

Получение сходных результатов для Санкт-Петербурга путем повторения алгоритма, ранее примененного для Москвы [1], позволяет говорить об устойчивости предложенного метода и возможности его использования и для других городов.

Список литературы

1. Герштейн А. М., Терехов А. Н. Простой способ повышения безопасности дорожного движения за счет обхода опасных участков маршрута // Программная инженерия, 2023. Т. 14, № 3. С.103–109. doi:10.17587/prin.14.103-109
2. Dijkstra E. W. A note on two problems in connexion with graphs // Numerische Mathematik. 1959. Vol. 1, № 1. P. 269–271. doi:10.1007/BF01386390
3. Bellman R. On a Routing Problem // Quarterly of Applied Mathematics. 1958. Vol 16, № 1. С. 87–90, 1958, doi:10.1090/qam/102435

⁷ Имеется в виду, что на каждое препятствие налагается штраф 1000 м.

4. OSMF. OpenStreetMap. 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openstreetmap.org> (дата обращения: 16.03.2023).
5. Boeing G. OSMnx: New Methods for Acquiring, Constructing, Analyzing, and Visualizing Complex Street Networks // Computers, Environment and Urban Systems. 2017. Vol. 65. P. 126–139. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2017.05.004
6. QGIS. Свободно распространяемая кроссплатформенная геоинформационная система. 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.qgis.org/en/site/> (дата обращения: 16.03.2023).
7. Госавтоинспекция МВД России. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. 2023. [Электронный ресурс]. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 16.03.2023).

Поступила в редакцию 01.03.2023, окончательный вариант — 16.03.2023.

Герштейн Аркадий Михайлович, аспирант математико-механического факультета СПбГУ,
✉ ArkadyGer@gmail.com

Терехов Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой системного программирования математико-механического факультета СПбГУ, a.terekhov@spbu.ru

Computer tools in education, 2023

№ 1: 30–39

<http://cte.eltech.ru>

doi:10.32603/2071-2340-2023-1-30-39

Bypassing Dangerous Sections of the Route as a Way to Improve Traffic Safety (Using St. Petersburg as an Example)

Gershteyn A. M.¹, Postgraduate, ✉ ArkadyGer@gmail.com
Terekhov A. N.¹, Doctor Sc., Professor, a.terekhov@spbu.ru

¹Saint Petersburg State University, 7–9, Universitetskaya emb., 198504, Saint Petersburg, Starii Petergof, Russia

Abstract

A simple routing algorithm to improve vehicle safety on a road network has been proposed. If the road network is represented by a graph with edges and nodes, it is enough to mark most populated with Traffic Accidents (TA) edges by adding to a <Length> attribute of the edge some penalty and the routing algorithm (Dijkstra or Bellman-Ford) will try to avoid this edge automatically.

To estimate safety gain, a Relative Risk Ratio RRR= (TAs along route which avoids TA hotspots/TAs along original route) was used.

Computer simulation was performed for St. Petersburg, Russian Federation. It is shown that for the same start and end points of the route, an average RRR gets smaller by 14.5–36 % depending on original route length. It is also shown that the cost for improving vehicle safety is an increase in the route length (by 8–10 %) and an increase in the number of nodes in the route by 3–12 % is required.

Keywords: routing, vehicle traffic, relative risk ratio, Dijkstra algorithm, accident hotspot, statistical tests, St. Petersburg.

Citation: A. M. Gershteyn and A. N. Terekhov, "Bypassing Dangerous Sections of the Route as a Way to Improve Traffic Safety (Using St. Petersburg as an Example)," *Computer tools in education*, no. 1, pp. 30–39, 2023 (in Russian); doi:10.32603/2071-2340-2023-1-30-39

References

1. A. M. Gershteyn and A. N. Terekhov, "A Simple Way to Improve Road Safety by Avoiding Dangerous Sections of the Route," *Programmnyaya Ingeneria*, vol. 14, no. 3, pp. 103–109, 2023 (in Russian); doi:10.17587/prin.14.103-109
2. E. W. Dijkstra, "A note on two problems in connexion with graphs," *Numerische Mathematik*, vol. 1, no. 1, pp. 269–271, 1959; doi:10.1007/BF01386390
3. R. Bellman, "On a Routing Problem," *Quarterly of Applied Mathematics*, vol. 16, no. 1, pp. 87–90, 1958; doi:10.1090/qam/102435
4. OSMF, "OpenStreetMap," in *openstreetmap.org*, 2023. [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org>
5. G. Boeing, "OSMnx: New Methods for Acquiring, Constructing, Analyzing, and Visualizing Complex Street Networks," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 65, pp. 126–139, 2017; doi:10.1016/j.compenvurbsys.2017.05.004
6. QGIS, "A Free and Open Source Geographic Information System," in *www.qgis.org*, 2023. [Online]. Available: <https://www.qgis.org/en/site/>
7. Main Directorate for Traffic Safety of Russia, "Information about indicators of the state of road safety," in *gibdd.ru*, 2023. [Online]. Available: <http://stat.gibdd.ru/>

Received 01-03-2023, the final version — 16-03-2023.

Arkady Gershteyn, Postgraduate of the Faculty of Mathematics and Mechanics, SPbSU,
✉ ArkadyGer@gmail.com

Andrey Terekhov, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of System Programming of the Faculty of Mathematics and Mechanics, SPbSU,
a.terekhov@spbu.ru