

Методика анализа дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими на примере Санкт-Петербурга



П. Г. Агаев,
доцент факультета
технологического
менеджмента и инноваций
Университета ИТМО,
директор по развитию
ООО «Дорнадзор»



Р. М. Геллер,
руководитель
отдела геоинформа-
ционных технологий
ООО «Дорнадзор»



Д. В. Липаткин,
инженер-исследователь
Института проблем
региональной экономики
РАН

Высокая аварийность на автодорогах — предмет пристального внимания специалистов и органов власти РФ на протяжении многих лет. Определенные успехи в этом направлении — снижение числа погибших на душу населения до уровня США — не должны стать поводом для прекращения поиска эффективных методов сокращения аварийности. В статье предложена методика анализа статистической информации о ДТП, разработанная с использованием данных по Санкт-Петербургу.

Сегодня в России четыре из пяти дорожно-транспортных происшествий (ДТП) происходят в населенных пунктах, таким же образом соотносится и число пострадавших в них. Это обуславливает повышенный интерес к распределению аварийности в городах. Определение факторов, влияющих на вероятность совершения аварий,

помогает осмыслить и предупредить причины ДТП.

Санкт-Петербург — относительно благополучный регион по показателям ДТП: в 2018 г. число погибших на 100 тыс. жителей составило 4,3 (по РФ 13,0), что соответствует уровню Финляндии [1]. Отметим, однако, что общее число пострадавших в Санкт-Петербурге выше на 40 % [2]. В этих условиях рассмотрение причин аварийности, сопутствующих факторов и иных вопросов, часто не принимаемых во внимание, помогает определить методы для дальнейшего снижения количества и тяжести ДТП.

В качестве инструмента для пространственного анализа использована сетевая геоинформационная система (ГИС), интегрированная с базой данных Госавтоинспекции. С помощью ГИС можно выполнять топографический анализ в различных масштабах, при использовании атрибутивной информации — качественный и количественный анализ аварий [3]. Всего в рамках исследования были проанализированы данные по 24 тыс. ДТП с пострадавшими за период 2015–2019 гг. (рис. 1).

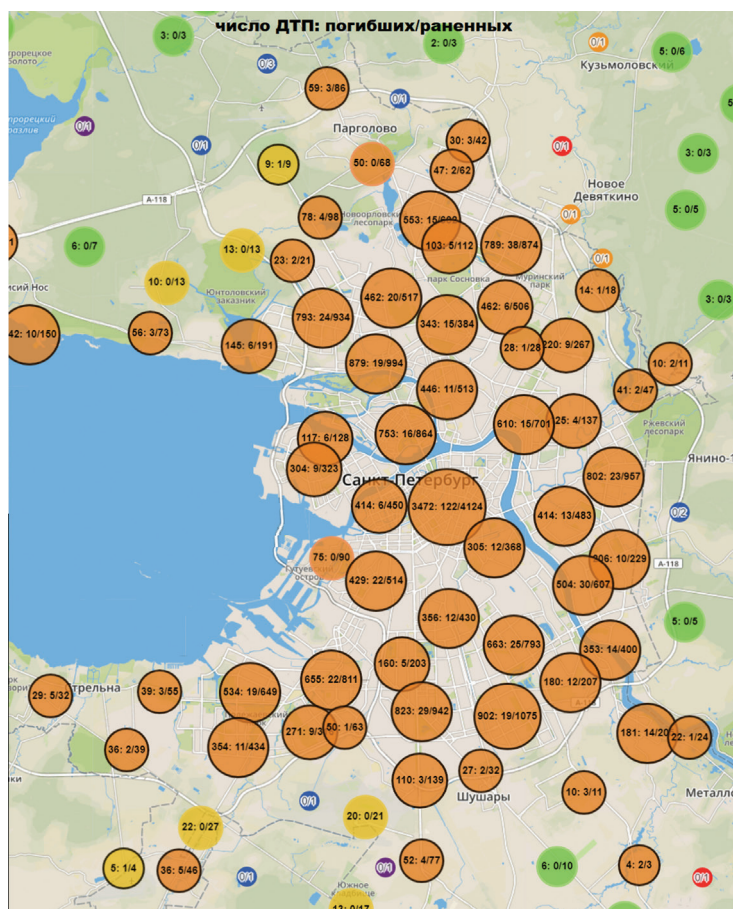


Рис. 1. Распределение дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими в Санкт-Петербурге

Фрактальный анализ аварийности

Основными предпосылками для безопасного дорожного движения служат конфигурация улично-дорожной сети (УДС) и ее адекватность проходящим транспортным потокам. Для определения зависимостей от формы УДС используются показатели, характеризующие уровень насыщения территории транспортной сетью: плотность сети по отношению к территории, плотность по отношению к населению, коэффициент Энгеля [4]. Однако для конкретных

участков УДС приведенные показатели не применяют, их используют для города или региона в целом [5].

Геометрическую сложность пространственного объекта можно оценить по его фрактальной размерности. Для математической интерпретации транспортной сети используется метод фрактального анализа линейных объектов [6]. Метод сводится к следующей итерации: транспортная сеть покрывается сеткой с ячейками известной величины и подсчитывается количество фрагментов исследуемого объекта, содержащихся в каждой ячейке. Фрактальная размерность УДС выражает общую меру освоенности территории и может выступать в качестве сравнительной величины.

Выполнив анализ фрактальной размерности транспортной сети с учетом аварийности, можно описать соотношение этих параметров. Связь между количеством ДТП и плотностью УДС выражается функцией, отражающей способность транспортной сети безопасно перемещать людей и грузы. Таким образом, фрактальный анализ связывает свойства транспортных сетей с любыми социально-экономическими характеристиками агломерации.

Принято использовать фрактальную сетку из шестиугольников со стороной 300 м и, соответственно, площадью 0,23 км². Граф УДС Санкт-Петербурга из ресурсов OpenStreetMap позволил определить плотность дорожной сети для всей городской территории (рис. 2). Значения плотности варьируются от 0 до 4,9 км на фрактал. Наибольшая плотность ожидаемо оказалась в четырех центральных районах: Василеостровском, Петроградском, Центральном и Адмиралтейском, а также в отдельных частях Выборгского, Курортного, Пушкинского и др. районов, главным образом в малоэтажной застройке.

Очевидно, что этот метод не универсален для определения конкретных условий дорожного движения. Однако он позволяет обеспечить необходимое дробление участков УДС с их дальнейшей дифференциацией, что делает возможным более объективную оценку транспортной освоенности территории на заданном масштабе рассмотрения.

На следующем этапе было выполнено распределение по фракталам ДТП (рис. 3). При этом удалось выявить несколько закономерностей. Наибольшая концентрация ДТП с пострадавшими

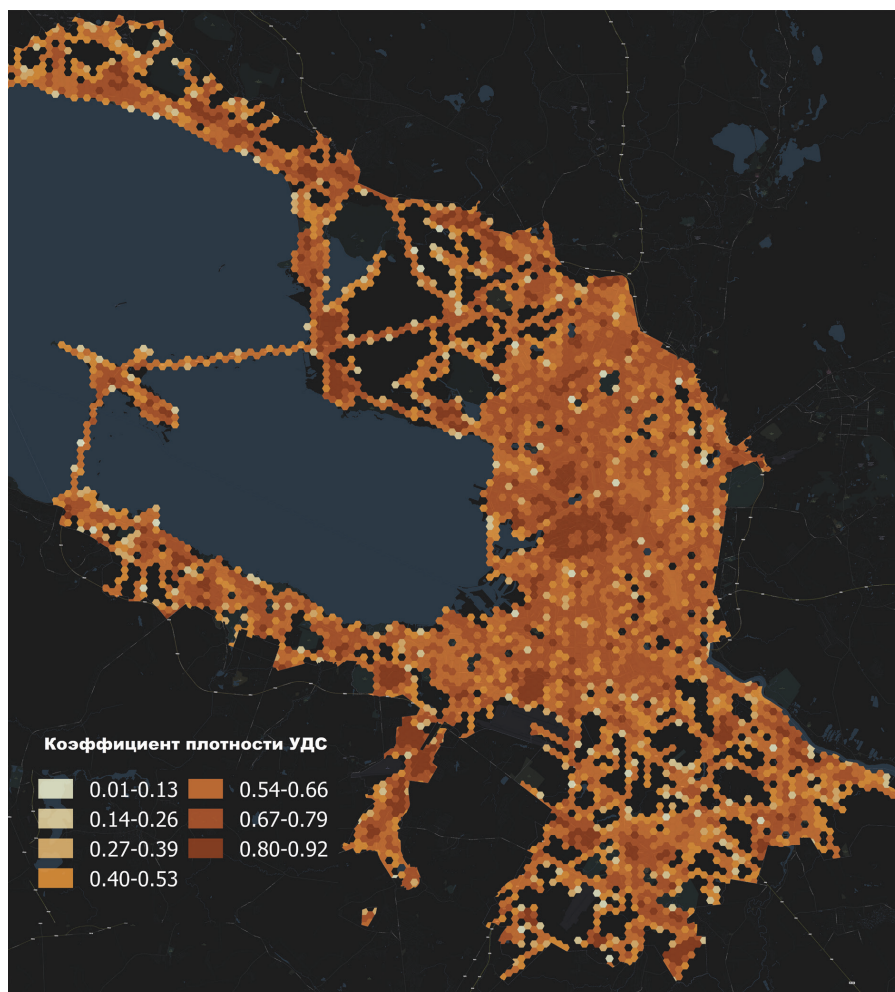


Рис. 2. Плотность улично-дорожной сети Санкт-Петербурга по фракталам

приходится на Адмиралтейский и Центральный районы, а также на восточную часть Петроградского района. На указанных территориях сосредоточена значительная часть транспортных потоков города, обусловленная центростремительным характером корреспонденций в Санкт-Петербурге. Этот же фактор активности центра агломерации объясняет повышенные удельные значения по количеству наездов на пешеходов.

Заметно влияние основных транзитных магистралей на распределение ДТП в периферийных и центральных районах. На улицах с интенсивным движением, высокой средней скоростью потока (70–90 км/ч) частота аварий в два-пять раз и более превышает таковую на прилегающей УДС. Например, это Московский пр., Старо-Петергофский пр., ул. Коллонтай, пр. Энгельса, Каменноостровский пр. и др. Все они относятся к магистралям регулируемого движения. На автомагистралях Кольцевой автодороге и Западном скоростном диаметре, отмечается неожиданно низкий уровень аварийности. Учитывая, что интенсивность движения на ав-

томагистралях максимальна для Санкт-Петербурга, можно предположить, что перевод транзитных транспортных потоков на них позволит повысить уровень безопасности дорожного движения. Кроме того, очевидно, что лучшее обустройство и содержание выступает предпосылкой для снижения аварийности. При этом известно, что более 20 % аварий происходит на регулируемых перекрестках, поэтому важно сосредоточить внимание именно на них.

Факторы, влияющие на дорожно-транспортные происшествия на перекрестках

Сегодня при аудите безопасности дорожного движения изучается ограниченный набор условий, влияющих на аварийность. В настоящей статье на основе обработки обширного статистического материала предложено учитывать дополнительные обстоятельства.

Рассмотрены 119 из 1600 регулируемых перекрестков Санкт-Петербурга. На них за период 2015–2019 гг. приходится 965 ДТП с пострадавшими. В перечень изучаемых перекрестков вошли адреса

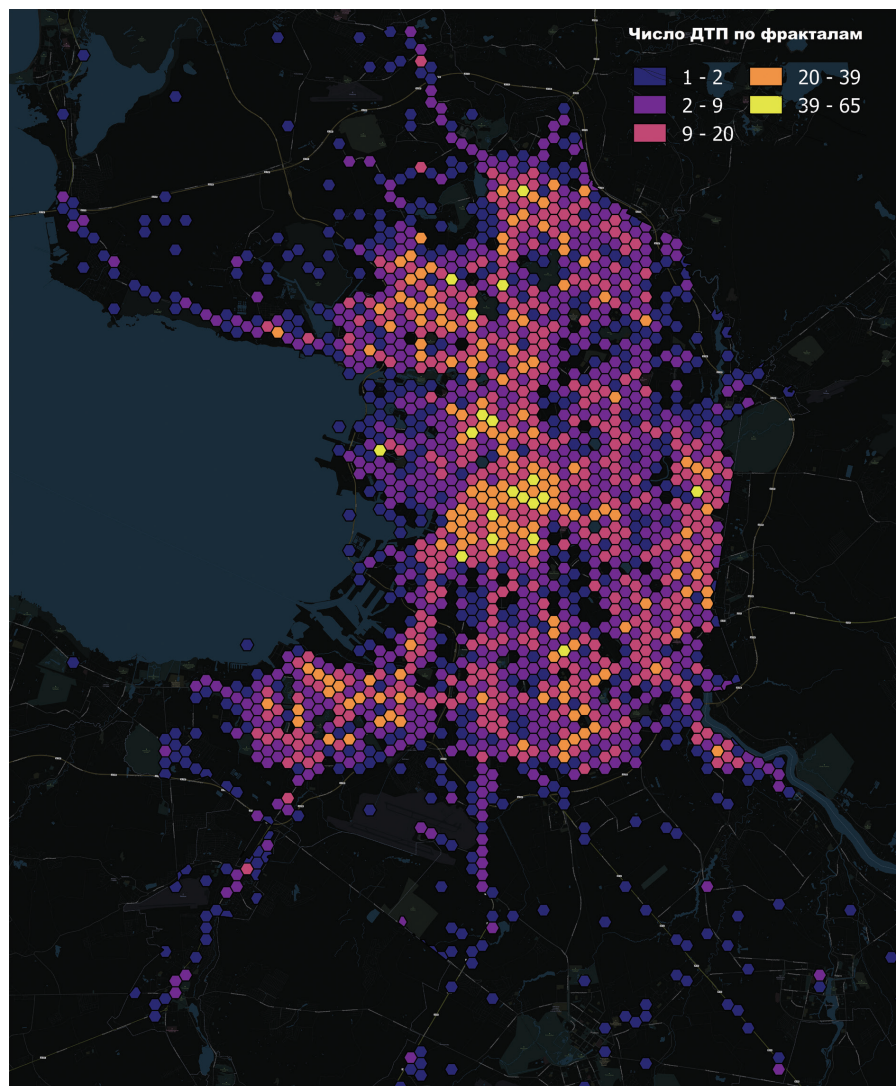


Рис. 3. Частота совершения дорожно-транспортных происшествий в Санкт-Петербурге по фракталам

с наибольшим общим количеством ДТП и/или наибольшим суммарным числом пострадавших, а также перекрестки из перечня очагов аварийности комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения при губернаторе Санкт-Петербурга [7]. Это главным образом пересечения магистралей общегородского или районного значения, которых больше всего в Приморском, Выборгском и Центральном районах.

Для выявления групп факторов, оказывающих влияние на вероятность совершения ДТП на перекрестке, определены следующие показатели:

- общее количество ДТП;
- число пострадавших и погибших в ДТП;
- площадь перекрестка — полная брутто-площадь (с учетом островков безопасности, разделительных полос, газонов и тротуаров);
- количество конфликтных пересечений «на просачивание» с учетом режима регулирования, в частности дей-

ствовавшей схемы пофазного разъезда; например, если при повороте налево по разрешающему сигналу водитель обязан уступить дорогу попутному трамваю, встречному трамваю, встречному нерельсовому транспорту, пешеходам, то для данного маневра число конфликтов четыре, для поворота направо — одна конфликтная точка — пешеходный переход; т. е. общее число конфликтных точек характеризует сложность маневрирования для водителя: чем их больше, тем выше вероятность ошибиться; при установлении числа пересечений учитывались схемы организации дорожного движения, режимы регулирования, наличие трамвайных путей и др.;

- плотность улично-дорожной сети в соответствующем фрактале;
- доля происшествий определенного типа: наезд на пешехода, столкновение, наезд на препятствие и пр.;
- состояние покрытия дорожного полотна в момент аварии: сухое, мокрое, гололед и пр.

Кроме того, для сокращенной выборки из 56-ти перекрестков определялось число транспортных средств на маршрутах общественного транспорта, проходящих через перекресток, использованы данные приведенной интенсивности движения в вечерний час пик со всех подходов (натурные замеры за 2017–2018 гг.).

Для выяснения условий сокращения аварийности использован корреляционный метод. Проведен поиск парных корреляций для выборки $N=56$ — перекрестков с полным набором данных. По методу Пирсона со значимостью на уровне 0,05 выявлена прямая корреляция средней силы между площадью перекрестков и интенсивностью движения (0,325), между долей ДТП типа «наезд на пешеходов» и количеством транспортных средств на маршрутах общественного транспорта (0,301) и с пересечениями «на просачивание» (0,305). Обратная корреляция установлена между плотностью УДС и пересечениями «на просачивание» (-0,316), количеством ДТП типа «столкновение» и площадью перекрестков (-0,410), а также количеством общественного транспорта (-0,314).

Найденная связь между площадью и интенсивностью движения закономерна, так как в выборке задействованы главным образом перекрестки со значительной пропускной способностью. Последние две прямые зависимости — связь между количеством ДТП с наездом на пешеходов и интенсивностью маршрутного сообщения, а также с количеством конфликтных точек в схеме пофазного разъезда в сочетании с установленной обратной связью — можно интерпретировать следующим образом: более плотная УДС с меньшими по площади перекрестками безопаснее для пешеходов.

Корреляция со значимостью на уровне 0,01 определена между количеством ДТП и такими показателями, как площадь перекрестков (0,385) и количество маршрутов общественного транспорта (0,417). Предположительно некоторое снижение аварийности может достигаться вследствие внедрения технических средств организации дорожного движения на магистральных улицах, в частности фиксации нарушений правил проезда перекрестка.

На основе полученных корреляций были составлены модели линейной регрессии зависимости общего количества

Параметры моделей линейной регрессии

Модель	Зависимая переменная	Выборка, N	Предиктор	K	Значимость
1	D	56	const	4,584	<0,001
			$\varphi_{\text{pedestrians}}$	9,361	0,002
			P	0,126	0,015
2	$\varphi_{\text{pedestrians}}$	56	const	0,11	0,049
			L	0,012	0,022
3	D	119	const	5,051	<0,001
			S	0,001	<0,001
4	D	119	const	3,943	<0,001
			S	0,001	<0,001
			L	0,148	0,036

Примечание: const — константа регрессии; D — общее количество ДТП; S — площадь перекрестка; L — пересечения «на просачивание»; $\varphi_{\text{pedestrians}}$ — доля ДТП с наездом на пешеходов; P — количество общественного транспорта.

ДТП (D) для выборки перекрестков $N=56$ и выборки $N=119$, а также зависимости доли ДТП типа «наезд на пешехода». Использован пошаговый алгоритм включения переменных и проверка на значимость их частной корреляции с критерием. В уравнение включены все переменные, имеющие значимую частную корреляцию с переменной-критерием. Включение проводили в порядке возрастания p -уровня [8]. Пошаговый алгоритм исключил все предикторы, кроме приведенных в таблице.

Таким образом, получены следующие модели:

- $D = 4,584 + 9,361\varphi_{\text{pedestrians}} + 0,126P$;
- $\varphi_{\text{pedestrians}} = 0,11 + 0,012L$;
- $D = 5,051 + 0,001S$;
- $D = 3,943 + 0,001S + 0,148L$.

Эти модели определяют закономерности, выявленные для отдельных предикторов. Так, модель 2 указывает на связь между долей ДТП с наездом на пешеходов и количеством пересечений «на просачивание». Из этой модели следует, что уменьшение «частичных конфликтов» в логике схемы пофазного разъезда позволит уменьшить долю наездов на пешеходов. Модели 3 и 4 связывают общее количество ДТП с площадью и с количеством пересечений «на просачивание».

Следует отметить, что определение мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения требует анализа множества факторов, влияющих на риск возникновения ДТП, которые до сих пор не находятся в открытом доступе. Например, для расчета оптимальной схемы пофазного разъезда необ-

ходим детальный анализ схем ДТП. Они содержат информацию о траектории столкновения, точную привязку к местности, указание маневров, предшествующих ДТП. Это ключевые данные для принятия решения об оптимизации схемы движения: запрет маневров, установка дополнительной секции светофоров, изменение геометрии перекрестка. Такие схемы хранятся в закрытой информационно-управляющей системе подразделений дорожно-патрульной службы Госавтоинспекции. Полезно открыть доступ к ним и создать инструмент для дальнейшего ведения карточек ДТП в формате, обеспечивающем множественный автоматизированный анализ происшествий.

Итак, проведенная работа позволила установить закономерности совершения ДТП с пострадавшими в Санкт-Петербурге. Разработана методика анализа ДТП на основе геоинформационной модели с данными по УДС, общественному транспорту и аварийности. Использован алгоритм определения фрактальной размерности транспортной сети. На основании работы с ГИС сделаны обобщения о пространственных факторах, влияющих на безопасность дорожного движения.

Предложен корреляционный метод для установления взаимосвязей между показателями аварийности и характеристиками УДС. На его основании получены релевантные данные для наиболее опасных перекрестков Санкт-Петербурга. Экстраполяция этих данных позволила сделать заключение о ситуации на всей городской транспортной сети. Среди выявленных зависимостей важно отметить

большую безопасность плотной УДС с небольшими перекрестками, что соответствует европейским тенденциям уменьшать число полос на улицах, а также внедрять круговое движение, сокращающее число конфликтных точек.

Многие особенности совершения ДТП на перекрестках — направление движения перед столкновением, нарушение правил дорожного движения, влияние погодных условий и др. — требуют дальнейшего изучения и интерпретации. ■

Литература

- URL: <https://spbdrive.ru/news/2019-01-16/v-2018-godu-na-dorogah-sankt-peterburga-pogib-231-chelovek> (дата обращения: 10.10.2019).
- URL: <https://findikaattori.fi/en/7> (дата обращения: 10.10.2019)
- Атаев П. Г., Геллер Р. М. Аварийность на дорогах: новые методы анализа// Дорож. держава. 2018. № 86. С. 80–82.
- Никольский И. В. Избранные труды. — Смоленск: Ойкумена, 2009. — 332 с.
- Атаев П. Г. Проблемы развития транспортных систем в Красноярском крае и Республике Хакасия // Журн. прав. и экон. исслед. 2017. № 1. С. 109–116.
- Тархов С. В. Эволюционная морфология транспортных сетей. — Смоленск, М.: Универсум, 2005. — 384 с.
- URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/06/05/19/Протокол_2019-1_приложение_1_очаги_аварийности_2018.pdf (дата обращения: 10.10.2019)
- Наследов А. Д. SPSS 19: профессиональный статистический анализ данных. — СПб.: Питер, 2011. — 400 с.