

## ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ДОРОГИ НА АВАРИЙНОСТЬ

Лапина О.И., Мишутин А.В., Попов О.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

**У статті показаний вплив тимчасових та систематичних показників стану дороги на число постраждалих в аваріях. Побудовані моделі, які дозволяють давати прогноз наслідків.**

Via - Vita! (Дорога – жизнь!) - девиз Международной Ассоциации дорожных конгрессов. Однако, не смотря на свою жизненную необходимость и доступность, автомобильный транспорт является самым небезопасным [1]. Происшествия на дорогах происходят по различным причинам, среди которых технологический и человеческий фактор, а так же систематический (категория дороги, параметры плана и профиля, качество дорожного покрытия и др). Выявление и анализ факторов, влияющих на риск дорожно-транспортного происшествия (ДТП) с целью снижения аварийности, позволит принимать решения, которые смогут устранить дополнительные причины аварий.



Рис. 1. Состояние дороги после зимы

Влияния состояния дороги на аварийность оценивалось с использованием базы данных МЧС по происшествиям за последние пять лет в Одесской области. Всего доступно около 10000 записей. Используя генератор случайных чисел, объем исходной выборки был сокращен до 1060, что не сказалось на значимости результатов, но привело к экономии времени.

В качестве доступных для интерпретации данных были взяты 15 атрибутов времени и состояния дороги. Анализ данных производился с использованием программы STATISTICA. Учитывая [1] объем данных, применялись средства Data Mining [2], предназначенные для хранения, обработки, поиска и передачи информации, и позволяющие анализировать и находить закономерности, недоступные для обычных статистических критериев. Для разведочного и прогностического анализа наряду с классическими использованы три методологии структурного анализа [3]:

- диаграммы «суть-связь» (Entity-Relationship Diagrams, ERD), которые служат для описания сущностей и их отношений;
- диаграммы потоков данных (Data Flow Diagrams, DFD), которые служат для представления функций системы;
- диаграммы переходов состояний (State Transition Diagrams, STD), которые отображают поведение системы.

В качестве меры размера ДТП было выбрано число пострадавших. В качестве зависимого фактора использоваться само количество ДТП. Фрагмент итоговой таблицы приведен на рис.2.

	2	3	4	5	6	7	8	9
	День недели(A07)	Дата ДТП (месяц)(A05)	Время час(A08)	Категория улицы(A20)	Вид происшествия(A1)	Всего гибло(A9)	Всего погибло детей(D01)	количество ТС(A23)
7639	Четверг	2	10	Улица, дорога местн. знач.	Столкновение			3
7640	Суббота	2	10		Столкновение	1		2
7641	Понедель	2	18		Наезд на пеш	1		1
7642	Суббота	2	19		Наезд на пеш			1
7643	Воскрес	2	18	Магистр. ул. общегор. знач.	Столкновение	1		2
7644	Воскрес	2	17	Магистральная дорога	Столкновение	1		2
7645	Пятница	2	18	Магистр. ул. общегор. знач.	Наезд на пеш			1
7646	Пятница	2	14	Магистр. ул. общегор. знач.	Столкновение			2
7647	Пятница	2	7	Магистральная дорога	Столкновение			2

Рис. 2. Источник данных для анализа

### Описание основных атрибутов базы данных

**Атрибут День недели.** Это фактор, показывающий день недели, когда произошла авария. Анализ показал, что наиболее аварийными днями являются Пятница (16%), Среда (15,7%) и Четверг (14,8%). Наименьшее количество дорожных происшествий произошло в Воскресение (11%). Конец рабочей недели отмечается большим числом аварий, начало - небольшим, выходные наименее опасны.

**Атрибут Месяц.** Для каждой аварии фиксировался день, когда она произошла. Наибольшая аварийность в апреле и мае, наименее аварийным можно считать август. Рост аварийности в весенние месяцы объясняется плохими погодными условиями, изношенностью дорожного полотна и эмоциональным состоянием водителя [4].

**Атрибут Время.** При регистрации каждой аварии указывается время, когда она произошла. Данные представлены на рис.3.



Рис. 3. Гистограмма аварийности в различное время суток

Гистограмма имеет пик в период от 18 до 21 часа и спад в период с 1 часа ночи до 7 часов утра. Число аварий возрастает в течение всего дня, практически не испытывая спадов. Пройдя вечерний час пик (19 часов) аварийность спадает до полуночи. Период с 0 до 1 часа ночи характеризуется локальным пиком аварий, вероятно связанным с закрытием большинства городских объектов.

Корреляционный анализ зависимости времени и месяца, показал, что август характеризуется резким падением числа аварий в вечерние часы. Это может быть связано с массовым уходом горожан в отпуска и наиболее благоприятными условиями для дорожного полотна.

**Атрибут Категория дороги.** Отражает значение автомагистрали, на которой произошла авария (рис.4).

Для остальных ДТП просматривается явная тенденция к уменьшению количества аварий на крупных магистралях; происшествия на них случаются почти в два раза реже, чем на городских улицах.



Рис. 4. Диаграмма аварийности на различных дорогах

**Атрибут Профиль дороги.** Часто причиной аварии является потеря управляемости машины на сложных участках дороги. Данные о рельефе местности и характерных особенностях участка, на котором произошла авария, собраны в этом атрибуте (рис.5). Исследование распределения аварий, произошедших на сложных участках может помочь локализовать наиболее опасные факторы.

Категория	Таблица частот: Прс	
	Частота	Процент
Горизонтальный	2249	21,07779
Уклон	209	1,95876
Конец спуска	93	0,87160
Вершина подъема	57	0,53421
Пропущ.	8061	75,54827

Рис. 5. Число аварий на сложных участках

Информация по профилю дороги есть по 20% аварий. По абсолютной величине наиболее аварийными являются горизонтальные участки, в следствии их доминирования на дорогах. В относительном отношении аварийность на уклонах, намного больше, чем на горизонтальных участках.

**Атрибут Сооружения.** Для каждой аварии фиксировалось место и расположенные рядом дорожные сооружения (эстакады, остановки общественного транспорта, пешеходные переходы и др.). Распределение различного вида происшествий, произошедших на участках с различными сооружениями показано на рис. 6.

Итоговая таблица частот (dtp)*							
Частоты выделенных ячеек > 10 (Маргинальные суммы не отмечены)							
	Вид происшествия(A21)	Сооружения (1)(A27) Перекресток	Сооружения (1)(A27) Пешеходный переход	Сооружения (1)(A27) Остановка обществ. тра-та	Сооружения (1)(A27) Мост, эстакада	Сооружения (1)(A27) Перегон	Всего по стр.
Частота	Наезд на пешехода	320	568	330	36	596	1851
% по столбцу		35,28%	95,30%	87,53%	30,00%	58,20%	
% по строке		17,29%	30,69%	17,83%	1,94%	32,20%	
Частота	Столкновение	529	19	16	43	225	835
% по столбцу		58,32%	3,19%	4,24%	35,83%	21,97%	
% по строке		63,35%	2,28%	1,92%	5,15%	26,95%	
Частота	Наезд на препятствие	35	6	6	35	132	219
% по столбцу		3,86%	1,01%	1,59%	29,17%	12,89%	
% по строке		15,98%	2,74%	2,74%	15,98%	60,27%	
Частота	Наезд на стоящее ТС	8	3	8	1	49	70
% по столбцу		0,88%	0,50%	2,12%	0,83%	4,79%	
% по строке		11,43%	4,29%	11,43%	1,43%	70,00%	
Частота	Всего	907	596	377	120	1024	3034

Рис. 6. Зависимость вида происшествия и дорожных сооружений

По горизонтали в таблице указаны различные виды ДТП, по вертикали - виды дорожных сооружений. Из таблицы можно выявить некоторые общие закономерности, в соответствии с которыми случаются аварии. Например, наезды на пешеходов происходят на пешеходных переходах или остановках общественного транспорта; столкновения чаще всего происходят на перекрестках. Доли аварий, произошедших на мостах/эстакадах примерно равны (15 и 13% соответственно). Подавляющее большинство (11%) столкновений со стоящим транспортом произошло на прямых участках(перегонах), вероятно при парковке.

**Атрибуты Метрические параметры дороги.** Сюда относятся ширина проезжей части, ширина разделительной полосы, ширина тротуара.

Анализ гистограммы показывает, что небольшое количество аварий, происходит на нешироких (до 10 м.) дорогах. Максимальное число ДТП происходит на дорогах с шириной проезжей части от 7,5 до 15 метров. Далее доля аварий снижается, что объяснимо небольшим количеством широких автострад в Одесской области. Ширина обочины аналогичным образом влияет на аварийность. На дорогах с широкими обочинами аварий происходит меньше, чем на дорогах с узкими. Широкая обочина обладает свойством сокращать долю аварий даже на узких дорогах.

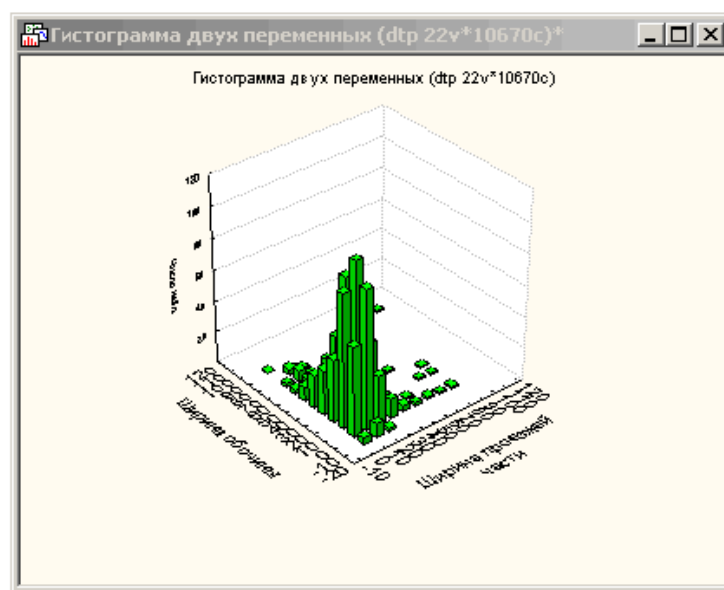


Рис. 7. Аварийность на проезжих частях различной ширины

### Анализ факторов, влияющих на количество пострадавших

Главной целью данного исследования является выявление факторов, влияющих на число пострадавших при аварии. Систематические факторы, такие как состояние дорожного полотна или наличие сооружений могут быть исправлены с целью понижения числа жертв. Случайные же факторы могут быть исключены превентивными или регулятивными мерами. Задачей проекта является поиск модели, которая объясняла бы количество пострадавших при ДТП в зависимости от дорожных условий. Так как не все данные доступны в исходной таблице, построение модели становится трудной задачей. Однако нахождение общих закономерностей, определяющих высокое или низкое число пострадавших вполне возможно.

В качестве первого шага проведен анализ, позволяющий сократить число атрибутов в задаче. Всего доступно около 15 независимых переменных, потенциально влияющих на результат. Работа с таким большим числом предикторов избыточна; лишние переменные зашумляют истинную зависимость и затрудняют ее обнаружение. Для решения задачи отсеивания признаков аварии воспользуемся соответствующим модулем. В качестве результата приведем график важности предиктора, позволяющий судить о влиянии их на результат.

В качестве факторов, влияющих на аварийность, выбраны метрические параметры дороги - длина и ширина. Следующим шагом - поиск оптимальной модели, позволяющей классифицировать аварии по количеству пострадавших. Это можно сделать несколькими методами, например, с помощью деревьев решений. Полученный результат будет состоять из набора делений, выполняемых по определенному условию на предиктор. Чем раньше будет произведено деление, тем больше его важность.

Для решения задачи использованы так называемые растущие деревья, в рамках работы алгоритма строится целая система деревьев, все больше и больше уменьшающих ошибку классификации. На рис.8. приведены некоторые виды деревьев решений.

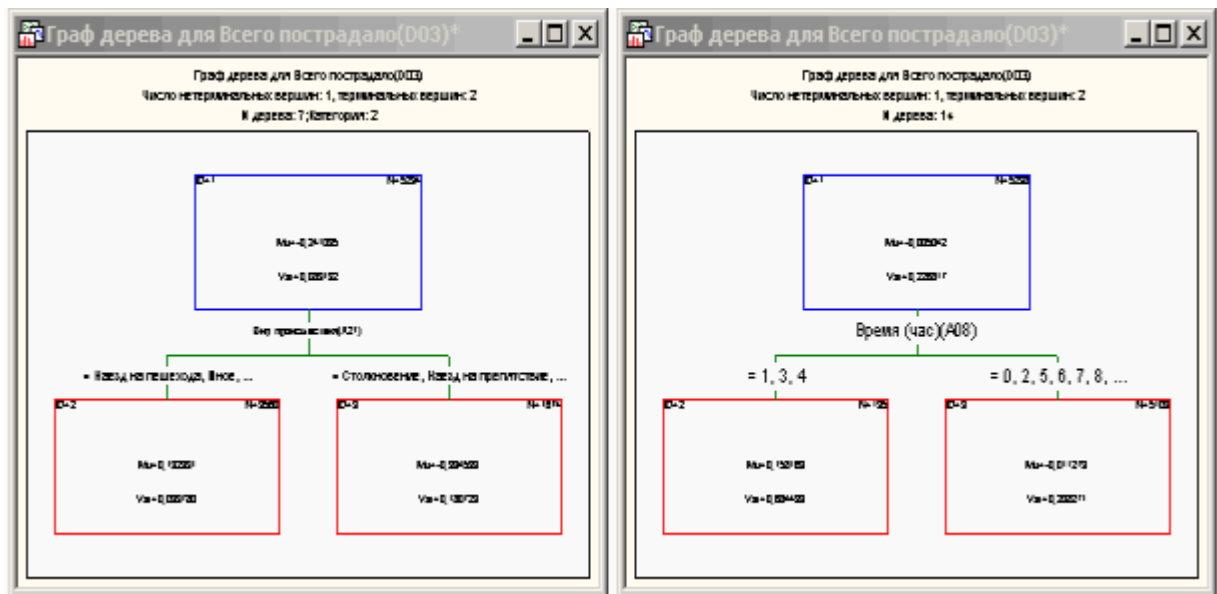


Рис. 8. Узлы растущего дерева решений

Как видно из рисунка, метрические данные дороги занимает важное место в списке предикторов. Другой тип дерева состоянию при авариях меньше. Для исследования факторов, влияющих на аварийность, использованы методы дисперсионного анализа (рис.9).

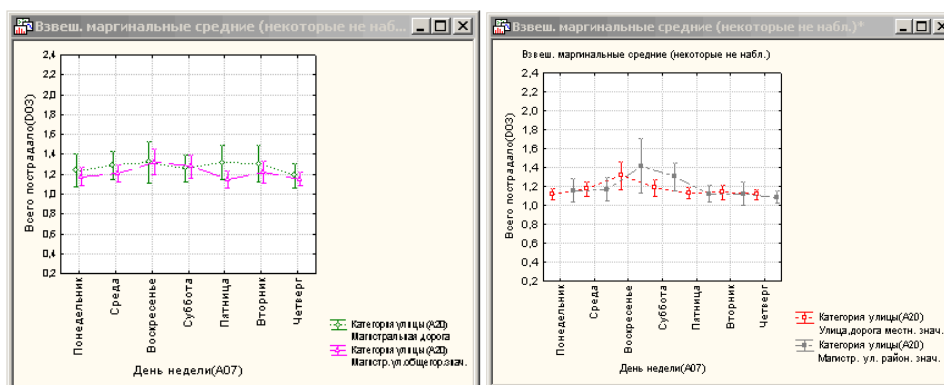


Рис. 9. Влияние назначения улиц на количество пострадавших

Из диаграммы видно незначительные различия в средних уровнях, главным образом в конце недели. На магистральных дорогах среднее число пострадавших больше. Для дорог с более низким статусом имеют пик среднего числа пострадавших в выходные. Местные дороги характеризуются некруными авариями.

Исследована зависимость количества пострадавших от метрических параметров. Число их невелико, но для имеющихся построена непараметрическая корреляционная матрица (рис.10).

Данные: Ранговые корреляции Спирмена (dtp)\*

Ранговые корреляции Спирмена (dtp)  
 ПД попарно удалены  
 Отмеченные корреляции значимы на уровне  $p < ,05000$

Перем.	Количество ТС (A23)	Всего пострадало (D03)	Ширина проезжей части (A29)	Ширина обочины (A30)	Ширина тротуара (A31)	Ширина разделительной полосы (A32)
Количество ТС (A23)	1,000000	0,319032	0,146294	-0,078195	-0,099427	0,050928
<b>Всего пострадало (D03)</b>	<b>0,319032</b>	<b>1,000000</b>	<b>0,054234</b>	<b>-0,022583</b>	<b>-0,009410</b>	<b>0,030571</b>
Ширина проезжей части (A29)	0,146294	0,054234	1,000000	-0,069646	0,058849	0,193234
Ширина обочины (A30)	-0,078195	-0,022583	-0,069646	1,000000	0,453208	0,200922
Ширина тротуара (A31)	-0,099427	-0,009410	0,058849	0,453208	1,000000	0,076460
Ширина разделительной полос	0,050928	0,030571	0,193234	0,200922	0,076460	1,000000

Рис. 10. Влияние метрических параметров на число пострадавших

Корреляционный анализ показал взаимосвязь между количеством пострадавших, шириной проезжей части в сторону увеличения.

Для исследований состояния дороги в работе использован однофакторный анализ (рис.11), который показал, что поврежденные покрытия повышают уровень аварийности и количество пострадавших.

Данные: Дисперсионный анализ (dtp)\*

Дисперсионный анализ (dtp)  
 Отмечены эффекты, значимые на уров.  $p < ,05000$

Переменная	Сум.кв. эффект	Ст. св. эффект	Ср.кв. эффект	Сред. кв. ошибки	Ст. св. ошибки	Ср.кв. ошибки	F	p
<b>Всего пострадало (D03)</b>	<b>30,97085</b>	<b>7</b>	<b>4,424407</b>	<b>991,5773</b>	<b>3022</b>	<b>0,328120</b>	<b>13,48413</b>	<b>0,000000</b>

Рис. 11. Влияние качества покрытий на аварийность

Аварийность отличается в зависимости от сооружений, на которых они происходят (рис.12). Анализ графика показывает, что количество пострадавших на мостах, эстакадах и перекрестках превышает остальные сооружения.

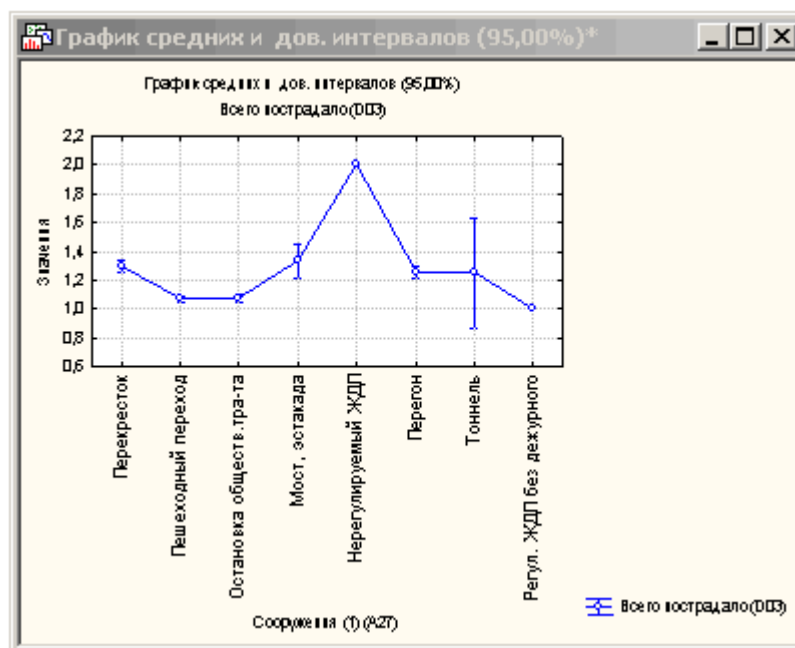


Рис. 12. Число пострадавших около различных сооружений

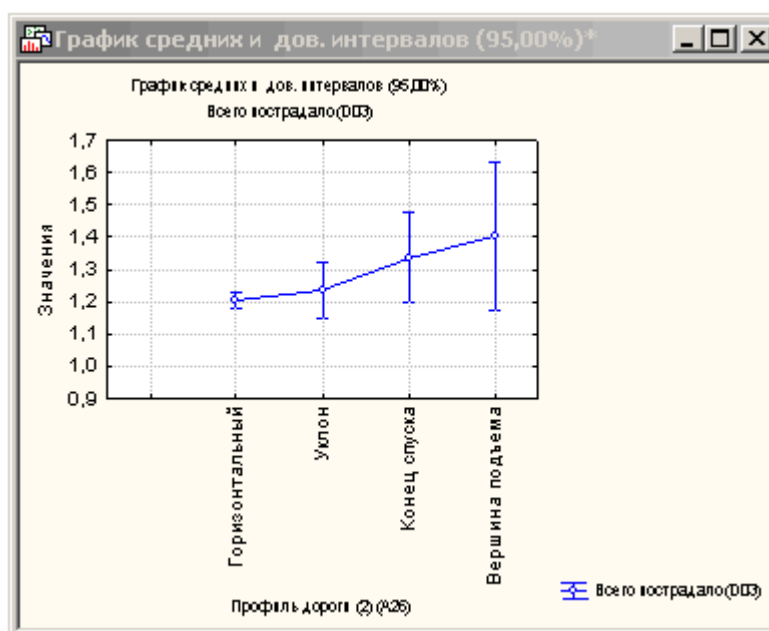


Рис. 13. Число пострадавших на дорогах с уклонами

Число пострадавших на различных участках отличаются (рис.13). Из графика видно, что группы являются сильно неоднородными и в случае аварий на вершине подъема число жертв наибольшее. Причина этого в том, что на вершине подъема скорость машин максимальна и при лобовом ударе у пассажиров мало шансов.

### Вывод

Анализ показал влияние временных (день, час) и систематических данных (состояние дороги) на аварийность. Число аварий больше в апреле - мае, меньше - в летние месяцы. Пик аварийности каждый день приходится на вечерние часы. Наибольшая аварийность в конце рабочей недели, наименьшее - в выходные. На аварийность влияют систематические факторы, такие, как, состояние покрытия, наличие сооружений. Аварии на крупных магистралях происходят реже, чем на не крупных дорогах, но характеризуются большим числом пострадавших. В работе показано влияние факторов на число пострадавших в авариях и построены модели, позволяющие давать прогноз последствий. Это необходимо для принятия решений, которые позволят снизить человеческие потери.

## Summary

**In this work is shown the implement of temporally and systematical indicators of road condition on the figure of suffering for in accidents. Models allowing, to give the forecast of consequences are build.**

1. Дорожно-транспортные происшествия в Украине. Статистический сборник за 1985-1990гг. МВД, Управления государственной автомобильной инспекции. Киев- 1991. -133с.

2. R. Stones, N.. "Beginning Databases with MySQL", Wrox Press, Chicago 2001. -401p.

3. В.И. Грекул. Проектирование информационных систем. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/se/devis/2/>

4. Данные Отдела статистического Управления в Одесской области. Одесса-2002г. -148с.