

УДК 681.5

С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РАЗЛИЧИЙ В ДВУХ ВЫБОРКАХ

В последние годы в Республике Беларусь наблюдается тенденция снижения числа погибших и раненых в дорожно-транспортных происшествиях. В то же время относительные показатели аварийности в Беларуси, такие как социальный риск, транспортный риск, по сравнению со странами Европейского союза, остаются на высоком уровне.

Следует отметить, что проблема аварийности на автомобильных дорогах признана на наднациональном уровне. На протяжении ряда лет Всемирной организацией здравоохранения ведется плодотворная и тяжелая работа по сбору, систематизации и обработке данных о состоянии аварийности в странах – членах Организации Объединенных Наций. Как один из результатов такой работы, в 2015 г. вышел очередной Глобальный отчет Организации Объединенных Наций о состоянии безопасности дорожного движения в мире. В отчете, наряду с прочей информацией, содержатся профили по безопасности дорожного движения 179 стран – членов Организации Объединенных Наций. Качественная и полная обработка такой статистической информации позволит выявить основные направления работы по повышению безопасности дорожного движения, в том числе и в Республике Беларусь.

В статье рассмотрены переменные профили стран Глобального отчета Организации Объединенных Наций о состоянии безопасности дорожного движения в мире. При помощи t -критерия и его непараметрических аналогов, реализованных в программе Statistica, произведена оценка значимости влияния независимых категориальных переменных на показатели аварийности. На основании такой оценки предложены основные направления повышения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь и произведена оценка эффективности такой работы.

Разработка мероприятий по повышению безопасности дорожного движения является сложной задачей. Одним из основных инструментов для ее успешного решения является качественный статистический анализ данных по уже случившимся дорожно-транспортным происшествиям. В таких исследованиях одним из основных факторов, определяющих их качество, является объем исходных данных. Глобальный отчет Организации Объединенных Наций о состоянии безопасности дорожного движения в мире содержит профили по безопасности дорожного движения 179 стран – членов Организации Объединенных Наций. Каждый профиль включает подробную информацию о показателях аварийности, институциональных особенностях, дорогах, транспортных средствах, законодательстве и т.д. Качественная и полная обработка такой статистической информации позволит выявить основные направления работы по повышению безопасности

дорожного движения, в том числе и в Республике Беларусь.

В научной работе [1] была систематизирована информация Глобального ООН: описаны переменные этого отчета, даны им условные обозначения, установлены шкалы измерений, выделены зависимые и независимые переменные, проведены расчеты их описательных статистик и оценено состояние показателей аварийности в Республике Беларусь.

Для разработки мероприятий по повышению безопасности дорожного движения необходимо установить связи между зависимыми и независимыми переменными. В настоящей работе в качестве независимых выбраны категориальные переменные указанного отчета, имеющие два значения. Зависимые переменные представляют собой относительные показатели аварийности и взяты из того же документа. Перечень зависимых и независимых переменных приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Описание переменных о состоянии БДД, их условное обозначение и распределение по шкалам измерений

Наименование группы параметров	Наименование переменной	Условное обозначение, размерность	Тип шкалы измерения
<i>Независимые переменные</i>			
Институциональные рамки	Наличие ведущего органа по БДД	Lb	Категориальная
	Наличие финансирования деятельности ведущего органа из бюджета страны	Lbf	
	Наличие национальной стратегии по безопасности дорожного движения	Ns	
	Наличие и значение целевых ориентиров стратегии по БДД*	Nst	
Дороги и мобильность	Наличие аудита проекта новых дорог	Arn	
	Наличие регулярного аудита действующих дорог	Ar	
Транспортные средства	Наличие стандартов по лобовому столкновению	Sfc	
	Требования к наличию систем управления устойчивостью	Sms	
	Требования по наличию систем защиты пешеходов	Pps	

Окончание таблицы 1

Наименование группы параметров	Наименование переменной	Условное обозначение, размерность	Тип шкалы измерения
Оказание медицинской помощи пострадавшим в ДТП	Наличие системы мониторинга травм на базе пунктов скорой помощи	Smi	Категориальная
Повышение безопасности участников дорожного движения	Возможность местных властей изменять максимальные значения скоростей	Slch	
	Наличие выборочного тестирования дыхания	T	
	Распространяется ли законодательство на водителей и пассажиров	Hmdp	
	Наличие законодательного требования застегивания ремня	B	
	Наличие утверждённых стандартов к шлемам	Hs	
	Распространяется ли законодательство о ремнях безопасности на лиц, занимающих передние и задние сиденья	Sbfr	
	Наличие национального закона об удерживающих устройствах для детей	Rc	
	Распространяется ли законодательство на детей, сидящих на передних сиденьях	Rcf	
	Запрещает ли закон пользование мобильным телефоном с помощью рук	Mh	
	Распространяется ли закон на мобильные телефоны, используемые без помощи рук	Mhw	
Наличие национального законодательства по запрещению употребления наркотиков за рулем	D		
<i>Зависимые переменные</i>			
Данные о ДТП	Оценка потерь от ДТП	EI, % от ВВП	Интервальная
	Социальный риск на 1 млн населения	Rs	
	Транспортный риск на 100 тыс. ТС	Rt	
	Социальный риск на 1 млн населения для водителей четырех колесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rsd4	
	Социальный риск на 1 млн населения для пассажиров четырех колесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rsp4	
	Социальный риск на 1 млн населения для водителей двух и трех колесных механических транспортных средств	Rsd23	
	Социальный риск на 1 млн населения для велосипедистов	Rsb	
	Социальный риск на 1 млн населения для пешеходов	Rsp	
	Социальный риск на 1 млн населения для прочих участников дорожного движения	Rso	
	Транспортный риск на 1 млн населения для водителей четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rtd4	
	Транспортный риск на 1 млн населения для пассажиров четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rtp4	
	Транспортный риск на 1 млн населения для водителей двух- и трехколесных механических транспортных средств	Rtd23	
	Транспортный риск на 1 млн населения для велосипедистов	Rtb	
	Транспортный риск на 1 млн населения для пешеходов	Rtp	
	Транспортный риск на 1 млн населения для прочих участников дорожного движения	Rto	
* Ввиду существенной разрозненности в значениях целевых ориентиров и способов их представления данный параметр оставлен только по показателю отсутствие/наличие целевого ориентира.			

Все независимые переменные таблицы 1 имеют две категории, поскольку это является одним из условий применения t -критерия сравнения двух выборок. Также для применения t -критерия должны выполняться следующие условия:

- 1 Переменные внутри групп нормально распределены.
- 2 Дисперсии наблюдений в группах не слишком раз-

личны. Равенство дисперсий в двух группах проверялось с помощью F -критерия, критерия Левена и критерия Брауна – Форсайта.

На рисунке 1 приведен результат оценки нормальности распределения переменной EI (оценка потерь от ДТП, % от ВВП) по категориям независимой переменной Lb (наличие ведущего органа по БДД).

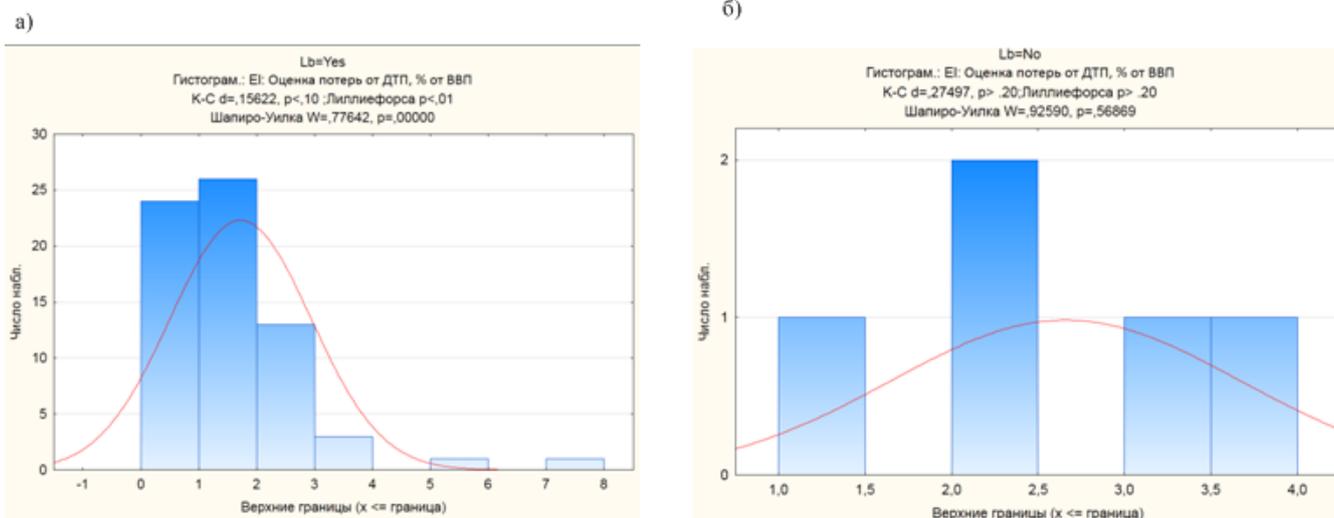


Рисунок 1 – Пример результата оценки нормальности распределения зависимой переменной внутри категорий независимой переменной:

a – диаграмма распределения переменной EI (оценка потерь от ДТП, % от ВВП) по категории «Yes» независимой переменной Lb (наличие ведущего органа по БДД); *б* – диаграмма распределения переменной EI (оценка потерь от ДТП, % от ВВП) по категории «No» независимой переменной Lb (наличие ведущего органа по БДД)

Проверка выполнения условий применимости *t*-критерия показала их невыполнение для всех пар зависимых и независимых переменных с двумя категориями, представленных в таблице 1. Это делает невозможным применение указанного критерия. В таких случаях следует применять непараметрические статистики. Непараметрическими альтернативами *t*-критерия являются: критерий серий Вальда – Вольфовица, *U*-кри-

терий Манна – Уитни и двухвыборочный критерий Колмогорова – Смирнова.

Результаты оценки значимости различий переменной EI (оценка потерь от ДТП, % от ВВП) по категориям независимой переменной Lb (наличие ведущего органа по БДД) с помощью приведенных выше непараметрических критериев представлена на рисунке 2.

а)

Критерий серий Вальда-Вольфовица (Профили стран)										
По перем. Lb										
Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05000$										
Перем.	N Yes	N No	Среднее Yes	Среднее No	Z	p-уров.	Z скорр.	p-уров.	Число серий	Число совп.
EI	68	5	1,722794	2,660000	0,660370	0,509017	0,178300	0,858488	11	5

б)

Критерий Колмогорова-Смирнова (Профили стран)									
По перем. Lb									
Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05000$									
Перем.	Макс.отр Разн.	Макс. по Разн.	p-уров.	Среднее Yes	Среднее No	Ст.откл. Yes	Ст.откл. No	N Yes	N No
EI	-0,564706	0,029412	$p > .10$	1,722794	2,660000	1,216228	1,013903	68	5

в)

U критерий Манна-Уитни (Профили стран)										
По перем. Lb										
Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05000$										
Перем.	Сум.ранг Yes	Сум.ранг No	U	Z	p-уров.	Z скорр.	p-уров.	N Yes	N No	2-х стор точное p
EI	2412,500	288,5000	66,50000	-2,26035	0,023800	-2,27000	0,023208	68	5	0,020344

Рисунок 2 – Результат оценки значимости различий переменной EI (оценка потерь от ДТП, % от ВВП) по категориям независимой переменной Lb (наличие ведущего органа по БДД):

a – по критерию серий Вальда – Вольфовица; *б* – по критерию Колмогорова – Смирнова; *в* – по *U*-критерию Манна – Уитни

Из рисунка 2 видно, что по *U*-критерию Манна – Уитни различия переменной EI (оценка потерь от ДТП, % от ВВП) значимы по категориям переменной Lb

(наличие ведущего органа по БДД). Соответствующая диаграмма размаха представлена на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что в странах, в которых имеется

ведущий орган по безопасности дорожного движения, среднее число потерь от ДТП составляет 1,7228 % от ВВП, а в странах, где такого органа нет, – 2,66. Абсолютная разница составляет 0,9372 %, а относительная – 54,4 %. То есть можно утверждать, что в странах, где отсутствует ведущий орган по безопасности дорожного движения потери от ДТП, измеренные в процентах от ВВП, на 54,65 % больше, чем в странах, в которых такой орган имеется.

Аналогичные расчеты были проделаны для остальных пар зависимых и независимых переменных с двумя категориями (см. таблицу 1). Результаты таких расчетов для случаев, когда различия внутри групп оказались значимы, приведены в таблице 2. Для остальных пар зависимых и независимых переменных различия оказались незначимы.

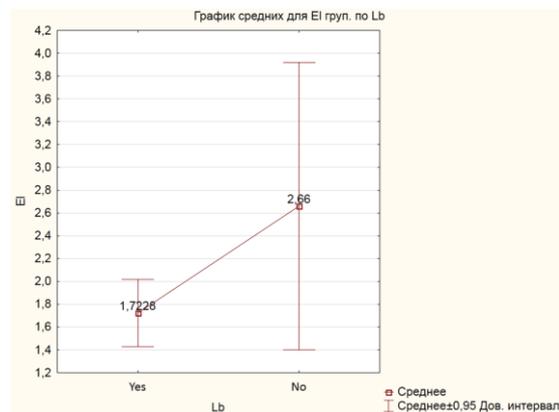


Рисунок 3 – Диаграмма размаха переменной E1 (оценка потерь от ДТП, % от ВВП) по группам переменной Lb (наличие ведущего органа по БДД)

Таблица 2 – Результаты расчета значимости зависимых переменных по категориям независимых (фрагмент)

Наименование переменной		Наименование критерия, по которому установлено наличие значимости различий	Среднее значение по категориям		Различия средних по категориям	
независимой	зависимой		«Yes»	«No»	абсолютное	относительное
Lb	E1	U-критерию Манна – Уитни	1,72	2,66	0,94	54,65
Sfc	E1	Критерий серий Вальда – Вольфовица, Колмогорова – Смирнова	1,45	2,18	0,73	50,34
Pps	E1	Критерий серий Вальда – Вольфовица	1,72	1,84	0,12	6,98
Sfc	Rs	Критерий серий Вальда – Вольфовица, Колмогорова – Смирнова, U-критерий Манна – Уитни	68,59	104,41	35,82	52,22
Sms	Rs	Критерий серий Вальда – Вольфовица, Колмогорова – Смирнова, U-критерий Манна – Уитни	65,45	104,69	39,24	59,95
Pps	Rs	Критерий серий Вальда – Вольфовица, Колмогорова – Смирнова, U-критерий Манна – Уитни	69,56	102,74	33,18	47,7
Rc	Rs	Критерий серий Вальда – Вольфовица	89,02	101,13	12,11	13,6
D	Rs	Колмогорова – Смирнова, U-критерий Манна – Уитни	98,33	67,43	-30,9	-31,42
Slch	Rt	Критерий серий Вальда – Вольфовица	140,23	126,35	-13,88	-9,9
Rcf	Rt	Критерий Колмогорова – Смирнова, U-критерий Манна – Уитни	129,82	129,57	-0,25	-0,19
Mhw	Rt	U-критерий Манна – Уитни	114,16	152,06	37,9	33,2

Таблица 2 представляет собой инструмент расчета эффекта от реализации мероприятий по повышению безопасности дорожного движения. Для оценки эффективности совокупной реализации рассмотренных выше мероприятий по безопасности дорожного движения можно использовать выражение

$$P_{a2} = n_a (1 - \Delta a), \quad (1)$$

где P_{a2} – ожидаемый уровень аварийности после внедрения мероприятий; n_a – значение показателя аварийности до внедрения мероприятий; Δa – коэффициент снижения аварийности от внедряемого мероприятия.

При одновременном внедрении нескольких мероприятий коэффициент снижения аварийности рассчитывается по формуле

$$\Delta a = 1 - (1 - \Delta a_1)(1 - \Delta a_2) \dots, \quad (2)$$

где $\Delta a_1, \Delta a_2$ – коэффициенты снижения аварийности для данного мероприятия.

Так, например, из таблицы 2 видно, что на оценку потерь от ДТП (E1, % от ВВП) значимо влияют наличие

ведущего органа по БДД (Lb), наличие стандартов по лобовому столкновению (Sfc), требования по наличию систем защиты пешеходов (Pps). Если в стране эти мероприятия не реализованы, то их реализация позволит снизить оценку потерь от ДТП (E1, % от ВВП). Для расчета эффективности реализации таких мероприятий можно использовать выражения (1) и (2). Так, из выражения (2)

$$\Delta a = 1 - (1 - 0,55)(1 - 0,5)(1 - 0,07) = 0,021.$$

Тогда из выражения (1) ожидаемая оценка потерь от ДТП, при условии, что среднее ее значение составляет 1,5 % от ВВП [1, с. 36], будет $E1 = 1,5 (1 - 0,021) = 1,47$ % от ВВП.

Также из таблицы 2 видно, что на значения общепринятых относительных показателей аварийности – социального и транспортного рисков (Rs, Rt) оказывают влияние соответственно:

– наличие стандартов по лобовому столкновению (Sfc), требования к наличию систем управления устойчивостью (Sms), требования по наличию систем защиты

пешеходов (Pps), наличие национального закона об удерживающих устройствах для детей (Rc), наличие национального законодательства по употреблению наркотиков за рулем (D);

– возможность местных властей изменять максимальные значения скоростей (Slch), распространяется ли законодательство на детей, сидящих на передних сидениях (Rcf), распространяется ли закон на мобильные телефоны, используемые без помощи рук (Mhw).

В Республике Беларусь ряд из перечисленных выше мероприятий уже реализован. Не реализованными остаются:

– влияющие на значение социального риска: наличие стандартов по лобовому столкновению (Sfc), требования к наличию систем управления устойчивостью (Sms), требования по наличию систем защиты пешеходов (Pps). Коэффициенты снижения аварийности для данных мероприятий (см. таблицу 2) составят соответственно 0,343; 0,375; 0,323;

– влияющие на значение транспортного риска: распространяется ли закон на мобильные телефоны, используемые без помощи рук (Mhw). Коэффициент снижения аварийности для данного мероприятия (см. таблицу 2) составит 0,249.

С учетом этого, а также зная фактические значения социального и транспортного рисков для Беларуси, равные соответственно 95,5 и 37,9, и используя выражения (1) и (2), можно определить расчетное значение пока-

зателей аварийности после реализации указанных мероприятий:

$$R_s = 95,5 (1 - (1 - (1 - 0,343)(1 - 0,375)(1 - 0,323))) = 26,55;$$
$$R_t = 37,9 (1 - 0,249) = 28,5.$$

Список литературы

1 **Аземша, С. А.** Расчет описательных статистик переменных глобального отчета ООН о состоянии безопасности дорожного движения в мире / С. А. Аземша, А. П. Цалко // Вестник Белорус. гос. ун-та трансп.: Наука и транспорт. – 2018. – № 1 (36). – С. 30–40.

2 GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.ansr.pt/>. – Дата доступа : 20.10.2018.

3 **Аземша, С. А.** Применение научных методов в повышении безопасности дорожного движения : [монография] / С. А. Аземша, А. Н. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 191 с.

4 StatSoft, Inc. : Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс]. – М. : StatSoft, 2012. – Режим доступа : <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>. – Дата доступа : 20.10.2018.

5 **Боровиков, В. И.** STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере / В. И. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 650 с. : ил.+ CD-ROM. – (Для профессионалов).

6 **Боровиков, В. П.** Популярное введение в современный анализ данных в системе. STATISTICA / В. П. Боровиков : учеб. пособие для вузов. – М. : Горячая линия. Телеком, 2013. – 288 с.

7 Statistica 13.3. Компьютерная программа. Серийный номер JRR709H998119TE-A.

Получено 28.10.2018

S. A. Azemsha. Development of directions for improving road safety in the Republic of Belarus by applying statistical criteria for estimating differences in two samples.

In recent years, there has been a tendency in the Republic of Belarus to reduce the number of deaths and injuries in road accidents. At the same time, the relative rates of accidents in Belarus, such as social risk, transport risk, remain at a high level in comparison with the countries of the European Union.

It should be noted that the problem of accidents on highways is recognized at the supranational level. Over the years, the World Health Organization has been carrying out fruitful and hard work on the collection, systematization and processing of data on the state of accidents in the member countries of the United Nations. As one of the results of this work in 2015, the next Global Report of the United Nations on the state of road safety in the world was published. The report, along with other information, contains road safety profiles of 179 member countries of the United Nations. Qualitative and complete processing of such statistical information will allow to identify the main directions of work to improve road safety, including in the Republic of Belarus.

In the article variables of the countries of the United Nations Global Report on the state of road safety in the world are considered. Using the t-test and its nonparametric analogs implemented in the Statistica program, an assessment was made of the significance of the influence of independent categorical variables on the accident rates. Based on this assessment, the main directions for improving road safety in the Republic of Belarus were proposed and the effectiveness of such work was assessed.