

10. Гюлев, Н.У. Влияние темперамента на функциональное состояние водителя в транспортном заторе / Н. У. Гюлев, В.К. Доля // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2012. - Т.2/3(56). - С. 39–41.
11. Гюлев, Н.У. Модель изменения функционального состояния водителя-флегматика в транспортном заторе / Н. У. Гюлев, В.К. Доля // Вестник Национального технического университета «ХПИ». - 2012. - №18. - С. 33 –36.
12. Гюлев, Н.У. Оценка значимости факторов, влияющих на функциональное состояние водителя / Н. У. Гюлев // Вестник Национального технического университета «ХПИ». - 2011. - №10. - С. 140–144.
13. Гюлев, Н.У. Модель влияния транспортного затора на функциональное состояние водителя / Н. У. Гюлев // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2011. - Т.2/6(50). - С. 73–75.

Abstract

Despite the fact that traffic jams are a problem of almost all metropolises, the mechanism of their formation and the impact on the functional state of drivers and road traffic safety were not given enough consideration. It is hard to predict the state of the driver and his behavior after a traffic jam, ignoring the components of the traffic jam and their thorough research.

This article analyzes for the first time the influence of the main components of the traffic jam on the functional state of the drivers of different temperaments, in particular, choleric and phlegmatic persons, on the basis of previously developed for them regression models. The article presents the characteristic graphs of influence of relevant factors on the functional state of the drivers. It was emphasized that various factors and their combinations influence the different types of temperament in different ways

Keywords: traffic jam, factor, functional state, temperament

Розглянута можливість застосування методів редуції багатовимірного простору для скорочення кількості приватних коефіцієнтів аварійності при оцінці безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах. Отримані нові чинники, які дозволяють скоротити кількість досліджуваних параметрів

Ключові слова: приватний коефіцієнт аварійності, редуція, безпека дорожнього руху

Рассмотрена возможность применения методов редукции многомерного пространства для сокращения количества частных коэффициентов аварийности при оценке безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах. Получены новые факторы, которые позволяют сократить количество исследуемых параметров

Ключевые слова: частный коэффициент аварийности, редуция, безопасность дорожного движения

УДК 656.13:625.7

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛАТЕНТНЫХ ФАКТОРОВ ЧАСТНЫХ КОЭФИЦИЕНТОВ АВАРИЙНОСТИ

Л. С. Абрамова

Кандидат технических наук, доцент*

Г. Г. Птица

Ассистент*

Контактный тел.: (057) 707-37-06, 050-633-58-93

E-mail: gennadij.ptitsa@yandex.ua

*Кафедра организации и безопасности дорожного движения

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

1. Введение

Уровень развития транспортной системы государства – один из важнейших признаков ее развития и технического прогресса. Потребность в высоко развитой транспортной системе усиливается при интеграции Украины в европейскую и мировую экономи-

ку. Следовательно, решение проблемы обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) становится актуальной и приоритетной задачей развития страны.

Более половины лиц, погибших в дорожных катастрофах, принадлежат к возрастной группе от 15 до 44 лет, которая является наиболее дееспособной. Согласно прогнозам [1], в период между 2000 и 2020 гг.,

смертность от дорожно-транспортных происшествий существенно увеличится в странах с низким и средним доходом. Если не предпринимать соответствующих действий, к 2020 г. дорожно-транспортный травматизм в странах Восточной Европы станет третей основной причиной болезней и травм (табл. 1).

Таблица 1

Изменения в ранжировании DALY¹ основных причин заболеваний населения

Ранжирование	1990 г.	Ранжирование	2020 г.
	Болезнь или травма		Болезнь или травма
1	Инфекции нижних дыхательных путей	1	Ишемическая болезнь сердца
2	Диарейные болезни	2	Тяжелая монополярная депрессия
3	Перинатальные состояния	3	Дорожный травматизм
4	Тяжелая монополярная депрессия	4	Сердечно-сосудистые болезни
5	Ишемическая болезнь сердца	5	Хроническая обструктивная болезнь легких
6	Сердечно-сосудистые болезни	6	Инфекции нижних дыхательных путей
7	Туберкулез	7	Туберкулез
8	Корь	8	Войны
9	Дорожный травматизм	9	Диарейные болезни
10	Врожденные пороки	10	ВИЧ

¹Годы жизни, скорректированные на инвалидность. Показатель ущерба для здоровья, в котором объединяются информация о числе лет, утраченных в результате преждевременной смерти с показателем утраты здоровья в результате инвалидности.

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) несут весомый социальный, материальный и моральный ущерб экономике страны и ее населению. На первый взгляд, ДТП имеют случайный характер их возникновения. Однако, с помощью современных методов статистики, возможно выявление закономерностей их возникновения для разработки комплекса мероприятий по их предупреждению и сокращению.

Известны различные методики оценки уровня БДД. Для автомобильных дорог наиболее актуальной является методика, разработанная проф. Бабковым В.Ф., которая основана на оценке условий движения [2]. Этот метод нашел широкое практическое применение при оценке влияния условий движения (УД) на БДД для определения наиболее опасных участков и сравнения вариантов схем организации дорожного движения. Установленный перечень частных коэффициентов аварийности не является исчерпывающим, а их значения окончательными. Это обуславливает достоинства и, в то же время, ограничения в применении данного метода, а именно:

- оценка и определение количества и разнообразия параметров условий движения требуют больших временных и физических затрат на их определение;

- специалисты дорожных организаций могут описывать и выбирать различные условия движения инженерно на интуитивном уровне, поскольку в методике В.Ф. Бабкова даются лишь некоторые промежуточные значения диапазона изменения параметров дорожных условий.

Целью данного исследования является определение латентных факторов, которые описывают влияние параметров условий движения на уровень БДД. При этом предполагается, что количество латентных факторов значительно меньше, чем параметров в методике проф. Бабкова В.Ф.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В литературных источниках встречаются различные подходы к усовершенствованию существующей методики как отечественными учеными так и учеными ближнего и дальнего зарубежья. В работе [3] были детально рассмотрены и проанализированы существующие подходы и проведены исследования по выделению групп частных коэффициентов аварийности по однородности рассматриваемых признаков. В результате исследования была получена мультипликативная модель (аналогичная модели проф. Бабкова В.Ф.) оценки автомобильной дороги на БДД по условиям движения:

$$K_{ит}^{\wedge} = \prod_{j=1}^n K_{ит}^j, \tag{1}$$

где $K_{ит}^j$ - частные коэффициенты аварийности, сгруппированных в кластеры по однородности признаков; n - количество кластеров.

$$K_{ит}^j = \prod_{i=1}^k K_i, \tag{2}$$

где K_i - частный коэффициент аварийности; k - количество частных коэффициентов аварийности, входящих в тот или иной кластер.

Однако модель (1) не дает возможности сократить количество исследуемых параметров условий движения при оценке БДД на автомобильных дорогах.

Методам редукции исходной информации посвящено множество публикаций в области многомерного статистического анализа [4,5,6,7]. Анализ литературных источников показал, что для понижения размерности исходной информации применяют метод главных компонент и главных факторов. Основным статистическим методом анализа данных, объединившим методы главных факторов и главных компонент, является факторный анализ. Факторный анализ позволяет на основе существующих связей частных коэффициентов аварийности выявить латентные обобщающие характеристики при определении итогового коэффициента аварийности и механизма их взаимодействия. При этом формируется оптимальное пространство новых ортогональных переменных без существенной потери содержательной информации в исходных значениях частных коэффициентов аварийности. Понятие латентности является ключевым и означает не явность

характеристик, раскрываемых при помощи методов факторного анализа.

Выбор метода редукции многомерного пространства осуществляется по трем основным компонентам: 1) форме задания исходной информации; 2) типу оптимизируемого критерия информативности искомого набора признаков; 3) виду допустимых преобразований исходных признаков.

Типологизация задач редукции, основанная на данных компонентах, представлена в табл. 2 [4].

Таблица 2

Типологизация задач снижения размерности

№ п/п	Класс и смысловая нацеленность критерия информативности	Соответствующие модели и методы
1	АИ: максимизация содержащейся в $Z^{(p)}$ доли суммарной вариабельности исходных признаков $X^{(p)}$.	Метод главных компонент
2	АИ: Максимальная точность воспроизведения корреляционных связей между исходными признаками по их аппроксимациям с помощью вспомогательных переменных $Z^{(1)}, \dots, Z^{(p')}$.	Модели и методы факторного анализа и главных компонент
3	АИ: Максимальное сохранение заданных описательным массивом анализируемых структурно-геометрических и вероятностных свойств после его проецирования в пространство меньшей размерности (в пространство, натянутое на $Z^{(1)}, \dots, Z^{(p')}$, $p' < p$).	Методы целенаправленного проецирования; метод главных компонент
4	АИ: разбиение исходных признаков на группы высоко коррелированных переменных и отбор от каждой группы фактора, имеющего максимальную интегральную характеристику корреляционных связей со всеми признаками данной группы.	Метод экстремальной группировки заданных параметров

Примечание: АИ – автоинформативность.

Данная типологизация позволяет осуществить выбор метода для поставленной задачи редукции частных коэффициентов аварийности K_i , а именно метод главных компонент и главных факторов.

Метод главных компонент выявляет k компонент – факторов, объясняющих дисперсию и корреляцию исходных k случайных величин; при этом компоненты строятся в порядке убывания, объясняемой ими доли суммарной дисперсии исходных величин, что позволяет ограничиться несколькими первыми компонентами.

Метод главных факторов выявляет m ($m < k$) общих для всех исходных величин факторов, объясняя оставшуюся после этого дисперсию влиянием специфических факторов.

С помощью факторного анализа главных компонент предполагается определение совокупности новых скрытых факторов F_j , описывающих основную часть вариации (дисперсии) исходных значений частных коэффициентов аварийности K_i . При условии $j = \overline{1, p'}$; $i = \overline{1, p}$ и $p' \ll p$ (p' - количество главных

компонент (факторов); K_i - i -й частный коэффициент аварийности ($i = \overline{1, p}$); p - количество частных коэффициентов аварийности).

3. Проведение редукции частных коэффициентов аварийности

Реализация методов факторного анализа (главных факторов, главных компонент), при всем своем разнообразии, имеют общий алгоритм решения (рис. 1). Он начинается с построения матрицы исходных данных и заканчивается получением матрицы факторных оценок.

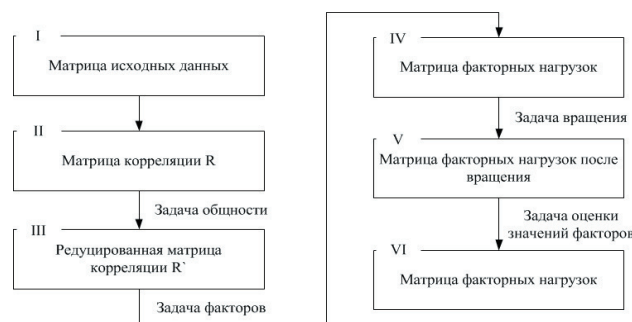


Рис. 1. Алгоритмическая схема реализации методов факторного анализа (главных факторов, главных компонент)

К новым латентным факторам предъявляются требования: наибольшая информативность; взаимная некоррелированность (ортогональность); наименьшее искажение геометрической структуры исходных данных.

В основу анализа главных компонент и главных факторов положена линейная зависимость факторов и исходных показателей:

$$K_i = \sum_{j=1}^p a_{ji} \cdot F_j, \tag{3}$$

где F_j - j -я главная компонента ($j = \overline{1, p'}$); a_{ji} - факторные нагрузки.

Такой подход предполагает установление линейной зависимости начальной совокупности исходных данных, а именно аналитической зависимости итогового коэффициента аварийности от частных коэффициентов аварийности.

Для определения линейной зависимости между частными коэффициентами аварийности и итоговым коэффициентом аварийности, проведен эксперимент по определению значений коэффициентов аварийности на существующих автомобильных дорогах Украины.

По статистическим данным значений частных коэффициентов аварийности были рассчитаны значения итоговых коэффициентов аварийности. На основании этого, методами регрессионного анализа получена линейная модель (4) зависимости итогового коэффициента аварийности от частных коэффициентов аварийности с ошибкой аппроксимации меньше 10%, что подтверждает адекватность модели. Линейная модель влияния частных коэффициентов аварийности на итоговый коэффициент имеет вид:

$$\begin{aligned}
 K_{ит} = & -98,52 - 15,99 \cdot K_1 + 28,76 \cdot K_2 - 3,5 \cdot K_3 + \\
 & + 10,02 \cdot K_4 + 10,11 \cdot K_5 - 2,94 \cdot K_6 + 7,45 \cdot K_7 + \\
 & + 7,75 \cdot K_8 + 50,66 \cdot K_9 - 2,7 \cdot K_{10} - 0,2 \cdot K_{11} - \\
 & - 21,42 \cdot K_{12} + 12,94 \cdot K_{13} + 2,24 \cdot K_{14} + 7,83 \cdot K_{15} + 5,42 \cdot K_{18}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

В соответствии с выявленными этапами исследования (рис. 1), была проведена редукция частных коэффициентов аварийности с помощью программного продукта Statistica 7.0. В качестве метода редукции частных коэффициентов аварийности выбран метод главных компонент, который позволяет максимизировать содержащуюся долю суммарной варибельности исходных признаков K_1, \dots, K_p в новых латентных факторах F_j, \dots, F_p .

Определение количества новых факторов, один из основных этапов проведения редукции. Существует два основных критерия определения достаточного количества факторов: метод Кайзера и метод Кеттеля. По критерию Кайзера выбираются факторы с собственными значениями равными или большими 1. Критерий каменной оси Кеттеля является графическим методом. Для выбора количества факторов, описывающих дисперсию частных коэффициентов аварийности K_i , применяем оба критерия, поскольку критерий Кайзера сохраняет много факторов, а критерий Кеттеля, напротив, выбирает минимальное количество факторов.

На основании проведенных расчетов по этапам редукции частных коэффициентов аварийности, были

получены собственные значения факторов F_j , а затем по критериям Кайзера и Кеттеля определено количество факторов, которое равно 7.

Далее была определена матрица факторных нагрузок (табл. 3).

Для максимизации дисперсии исходных значений частных коэффициентов аварийности K_i , в факторном анализе применили метод вращения факторов. Необходимость в этом этапе возникает, когда пространственное расположение факторов нелогично или трудно поддается интерпретации. Возникновение подобной ситуации возможно из-за того, что изначально отсутствует пространственная привязка факторных осей (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что поворот осей приводит с одной стороны к изменению координат исходных признаков, что, соответственно, изменяет факторные нагрузки, а с другой - к большей интерпретируемости факторов.

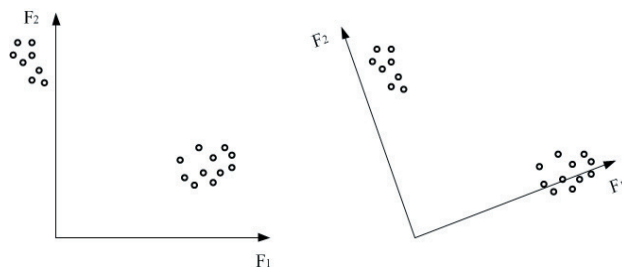


Рис. 2. Факторная структура до и после вращения

Таблица 3

Расчетные значения факторных нагрузок

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
K1	-0,3618	0,5617	-0,5999	-0,1158	-0,2759	0,1003	0,1702
K2	-0,3299	0,5763	-0,5218	-0,1192	-0,3087	-0,0175	0,1257
K3	-0,1412	0,1619	-0,4059	0,0025	0,2503	-0,4669	-0,0988
K4	0,3014	-0,2784	-0,2249	0,0605	0,3669	-0,5376	0,3598
K5	0,4493	-0,0871	-0,5589	-0,0815	-0,0224	0,3394	-0,4144
K6	0,5682	-0,1415	-0,5762	-0,0230	0,0827	-0,0325	-0,1559
K7	-0,0018	0,5363	0,1527	-0,4235	0,5651	0,0201	-0,1113
K8	0,0537	0,3692	0,1827	-0,4305	-0,2757	-0,5549	-0,2201
K9	-0,6555	-0,4987	-0,1725	-0,3535	0,1403	0,0227	-0,0321
K10	-0,6107	-0,5072	-0,1835	-0,3861	0,1316	0,0209	0,0483
K11	-0,3209	-0,3492	0,0959	-0,4855	-0,1667	-0,0262	-0,3321
K12	-0,1084	0,1000	-0,0684	0,3714	0,1141	-0,1672	-0,6077
K13	-0,5042	-0,0443	-0,0620	0,5116	0,1640	-0,0938	-0,3000
K14	-0,5929	0,1097	-0,1827	0,5149	0,2627	0,0691	0,1344
K15	0,3008	-0,3385	-0,5103	-0,1415	0,2044	0,0434	0,1055
K18	0,0155	0,4819	0,1387	-0,2792	0,6593	0,2721	-0,0169
Собственное значение F	2,4926	2,2018	1,9432	1,6760	1,4218	1,0612	1,0436

Цель вращения осей факторов заключается в поиске “простой структуры” или возможности заменить большое число переменных меньшим числом факторов. С формальной точки зрения, при поиске простой структуры, целесообразно стремиться к получению для каждой переменной максимального числа больших факторных нагрузок по одним факторам и одновременно наибольшего количества минимальных факторных нагрузок по другим факторам.

Проведенный анализ показал, что существуют различные методы ортогонального вращения: варимакс, квартимакс, эквимакс. Для вращения факторов, описывающих значения частных коэффициентов аварийности применяем метод вращения варимакс, целью которого является минимизация количества переменных, имеющих высокие нагрузки на данный фактор, что способствует упрощению описания фактора за счет группировки вокруг него только тех переменных, которые с ним связаны в большей степени, чем остальные.

В результате операции вращения получены новые собственные значения факторов F_1, \dots, F_7 и, соответствующие им факторные нагрузки (табл. 4).

В результате анализа полученных значений факторных нагрузок определены математические зависимости исследуемых факторов (табл. 5).

Применяя полученные факторы для оценки уровня БДД на автомобильных дорогах по условиям движения, существенно сокращается (с 18 до 7) количество параметров исследования условий движения. При этом сохраняется общая информативность о состоянии условий движения на рассматриваемых участках авто-

Таблица 5

Функции выделенных факторов F_j , описывающих большую часть дисперсии частных коэффициентов аварийности K_i

Фактор	Функция	Фактор	Функция
F1	$F_1 = \frac{0,914 \cdot K_9 + 0,902 \cdot K_{10}}{2,156}$	F4	$F_4 = \frac{0,855 \cdot K_8}{1,355}$
F2	$F_2 = \frac{0,962 \cdot K_1 + 0,909 \cdot K_2}{2,005}$	F5	$F_5 = \frac{-0,881 \cdot K_7 - 0,905 \cdot K_{18}}{1,649}$
F3	$F_3 = \frac{0,889 \cdot K_5 + 0,757 \cdot K_6}{1,886}$	F6	$F_6 = \frac{0,855 \cdot K_4}{1,317}$
F7	$F_7 = \frac{0,717 \cdot K_{12} + 0,733 \cdot K_{13}}{1,501}$		

Таблица 4

Расчетные значения факторных нагрузок после вращения

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
K1	0,0334	0,9616	0,0446	0,0251	-0,0427	-0,0678	0,0026
K2	-0,0102	0,9085	-0,0024	-0,0993	-0,0199	-0,0459	0,0313
K3	0,0999	0,2856	0,0902	-0,1878	-0,1289	0,4616	0,3697
K4	-0,0160	-0,1804	0,0593	0,0192	0,0543	0,8552	-0,0684
K5	-0,0611	0,0583	0,8896	0,0519	0,0091	-0,1213	0,0057
K6	-0,1451	0,0075	0,7572	-0,0114	0,0747	0,3249	-0,0444
K7	-0,0233	0,0599	-0,0481	-0,2005	-0,8807	0,0133	-0,0021
K8	-0,0867	0,1454	-0,1483	-0,8549	-0,0863	0,0196	-0,0313
K9	0,9141	0,0331	-0,0644	0,0858	0,0297	0,0146	0,0726
K10	0,9016	0,0425	-0,0645	0,0958	0,0366	0,0592	-0,0136
K11	0,6204	-0,1280	0,0395	-0,3551	0,0769	-0,2707	-0,0239
K12	-0,1041	-0,0696	0,1475	-0,1179	-0,0032	-0,0946	0,7172
K13	0,1382	0,0279	-0,1747	0,2199	0,0970	-0,0393	0,7333
K14	0,1138	0,2949	-0,3198	0,5327	-0,0285	0,0828	0,5102
K15	0,1776	-0,0174	0,5370	0,1842	0,0375	0,3859	-0,1892
K18	-0,0624	0,0154	-0,0143	0,1086	-0,9051	-0,0475	-0,0343
Собственное значение F	2,1562	2,0051	1,8559	1,3547	1,6497	1,3178	1,5009

мобильных дорог, т. к. полученные факторы описывают более 80% варибельности исходных значений частных коэффициентов аварийности. Следовательно, цель, поставленная в данном исследовании, достигнута.

4. Выводы

Анализ литературных источников о последствиях ДТП в мире показал, что Украина является одной из ведущих стран по материальным и человеческим потерям – 5% ВВП. Это обуславливает повышенное внимание к оценке уровня БДД, что необходимо для разработки мероприятий по предупреждению и сокращению количества ДТП.

Основной методикой оценки уровня БДД на автомобильных дорогах является методика итоговых коэффициентов аварийности, разработанная проф. Бабковым В.Ф. Однако, данная методика имеет свои недостатки, связанные со сложностью и неоднозначностью определения значений параметров условий движения, что предполагает ее усовершенствование.

Проведенные исследования изменения итогового коэффициента аварийности от значений частных ко-

эффициентов аварийности методами регрессионного анализа, позволили сформировать линейную модель, которая является основанием для применения методов факторного анализа для редукции частных коэффициентов аварийности.

В результате проведенных исследований методом факторного анализа были выявлены латентные факторы, характеризующие изменение частных коэффициентов аварийности. Согласно критериям Кайзера и Кеттеля, достаточным является выделение 7 факторов.

Путем вращения факторов (методом Варимакс) достигнута цель построения «простой структуры», что позволило выделить частные коэффициенты аварийности с большими факторными нагрузками для одних факторов и минимальными факторными нагрузками для других факторов.

При этом полученные факторы описывают более 80% варибельности исходных значений частных коэффициентов аварийности.

Полученные результаты имеют значение для дальнейших исследований по усовершенствованию методики определения уровня БДД по условиям движения.

Литература

1. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма: резюме: [Электронный ресурс] / Всемирная организация охраны здоровья. – Режим доступа: \www/ URL: / http://www.who.int/publications/list/9241562609/ru/.
2. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. [Текст]/ В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993 г. – 271 с.
3. Птица, Г.Г. Метод классификации частных коэффициентов аварийности для автомобильных дорог различных технических категорий [Текст] / Л. С. Абрамова, Г. Г Птица // Вісник Національного технічного університету «ХПИ»: збірка наукових праць, Випуск №44 (950) 2012 / НТУ «ХПИ». – Х., 2012, с. 41-55.
4. Айвазян, С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. [Текст]/ С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1000с.
5. Калинина, В. Н. Введение в многомерный статистический анализ: Учебное пособие. [Текст] / В. Н. Калинина, В. И. Соловьев. / ГУУ. – М., 2003. – 66 с.
6. Ким, Дж.-О., Мьюллер, Ч. У., Клекка, У. Р. и др.; под ред. И. С. Енюкова. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Текст]: пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1989.— 215 с: ил.
7. Харман Г. Современный факторный анализ. [Текст]: пер. с англ. – М.: Статистика, 1972. – 487с.

Abstract

The estimation of road traffic safety is the fundamental stage for developing measures aimed at preventing and decreasing the number of accidents. The aim of the research is to define latent factors describing the traffic conditions parameters influencing the road traffic safety level. The number of latent factors is supposed to be less than one of parameters in the methodics of the final accidents coefficient determination after V. F. Babkof, professor.

Within the given research the problems proving the application of factors analysis methods, defining the necessary number of factors describing the initial data and developing latent factors simple structure as well as receiving factors functions which describe the most part of accidents coefficient variety are set and solved. To prove the application of factors analysis methods the linear model of final accidents coefficient dependence on particular accidents coefficients is developed.

Kaiser and Kettle criteria to choose the number of new latent factors are applied. Developing a new simple structure of latent factors, application of "Varymax" being the method of factors rotation, is grounded. The received factors describe more than 80% of variety of initial data values of particular accidents coefficients. The presented results are of great importance for the further research in the field of improvement of the methods to define the road traffic safety level under the traffic conditions

Keywords: private accident rates, reduction, road safety