

В роботі розкрито загальний вплив умов руху на аварійність ділянок автомагістралей та визначено інтегральні головні фактори впливу умов руху на процес виникнення ДТП на ділянках автомагістралей

Ключові слова: безпека дорожнього руху, аварійність, автомагістраль, фактор

В работе раскрыто общее влияние условий движения на аварийность участков автомагистралей и определены интегральные главные факторы влияния условий движения на процесс возникновения ДТП на участках автомагистралей

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, аварийность, автомагистраль, фактор

In work the general influence of traffic conditions on breakdown susceptibility of sites of highways is opened and integrated primary factors of influence of traffic conditions on process of occurrence of road accident on sites of highways are defined

Keywords: safety of traffic, breakdown susceptibility, highway, factor

РОЗКРИТТЯ УМОВ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА ДІЛЯНКАХ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ

Н.М. Дуднікова

Кандидат технічних наук

Кафедра «Інформаційні системи в економіці»

Автомобільно-дорожній інститут «Донецький

національний технічний університет»

вул. Кірова 51, м. Горлівка, Донецька область, Україна,

84646

Контактний тел.:050-589-90-37

E-mail: dudnikovann@rambler.ru

Вступ

Проблема аварійності на автомобільному транспорті набула особливої гостроти в останнє десятиліття, у зв'язку з вкрай неефективним функціонуванням державної системи забезпечення безпеки дорожнього руху в умовах розвитку автомобілізації та диспропорцією між ростом числа автомобілів і ростом довжини вулично-дорожньої мережі, не розрахованої на сучасні транспортні потоки.

Дослідження аварійності на ділянках автомагістралей [1] вказують на те, що окрім факторів пов'язаних з водієм та транспортним потоком суттєвий вплив на аварійність мають фактори умов руху. Необхідно з'ясувати яким чином формується вплив умов руху на аварійність ділянок автомагістралей.

Розкриття загального впливу умов руху на аварійність ділянок автомагістралей

В попередніх дослідженнях автором було виявлено значний вплив поперечного похилу та поперечного коефіцієнту зчеплення на виникнення ДТП на ділянках автомагістралей у разі втрати водієм керуваності транспортного засобу. Враховується визначена кількість впливових факторів з кола факторів, що формують умови руху: кількість смуг руху, ширина смуг руху, ширина узбіччя, подовжній та поперечний

коефіцієнти зчеплення, поперечний похил дорожнього покриття, швидкість руху.

Необхідно з'ясувати, які потрібно враховувати додаткові супутні фактори, що сприяють виникненню досліджуваних ДТП. Вказане можливо виконати тільки при проведенні дослідження закономірностей зміни статистики ДТП. Найбільш значними статистичними даними, щодо змін числа ДТП в залежності від окремих характеристик умов руху, є данні, на основі яких створено методику коефіцієнтів аварійності. Пропонується дослідити статистичні данні коефіцієнтів аварійності на предмет виявлення супутнього впливу декількох характеристик умов руху на процес виникнення ДТП.

Загальна кількість виявлених залежностей між числом ДТП та характеристиками умов руху зараз сягає більш двадцяти [2], але не всі вони відповідним чином формалізовані, що не дає можливості записати числові співвідношення.

В якості першого етапу дослідження проведемо пошук загальних тенденцій залежностей кількості ДТП від характеристик умов руху. Для коректного порівняння графічних залежностей виконаємо нормування числових значень характеристик дорожніх умов наступним чином: приймемо, що при $K_1=1$ величина відповідної характеристики буде еталонною (M_e), а при інших значеннях K_1 - величина характеристики M_1 , тоді нормована величина характеристики P_{n_1} буде розраховуватися наступним чином:

$$P_{n_i} = \frac{M_r}{M_e}, \tag{1}$$

Наприклад, приведемо розрахунок нормованої величини P_1 для характеристики «Інтенсивність руху» [2]: $P_1 = 500/5000=0,1$. Результати розрахунків приведені в табл. 1.

Ненормовані характеристики 7, 9, 12, 13, 15, тому що в них закладені не тільки кількісні зміни визначених умов, але і якісні [2].

За отриманим значенням будемо графік залежності $K_i = f(P_{n_i})$, що приведений на рис. 1 а). З графіка видно, що всі криві перетинаються в одній точці, що відповідає $K_i = P_{n_i} = 1$, у близької зосереджена найбільша кількість точок, а також видно, що при рості P_{n_i} , K_i зменшується. Однак це характерно не для всіх кривих.

Криві $K_1=f(P_1)$, $K_2=f(P_2)$, $K_8=f(P_8)$, $K_{10}=f(P_{10})$, $K_{14}=f(P_{14})$ зростаючі. Для забезпечення спільності підходу, необхідне виконання умови: ріст P_{n_i} – зменшення K_i .

Таблиця 1

Нормовані характеристики умов руху

Аналізовані величини	Значення аналізованих величин							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Інтенсивність руху, тис.авт./доб.	0,5	1	2	3	5	6	-	-
K1	0,4	0,5	0,6	0,75	1	1,15	-	-
P1	0,1	0,2	0,4	0,6	1	1,2	-	-
Інтенсивність руху, тис.авт./доб.	7	9	11	13	15	20	-	-
K1	1,3	1,7	1,8	1,5	1	0,6	-	-
P1	0,47	0,6	0,73	0,87	1	1,33	-	-
Ширина проїзної частини, м	4,5	5,5	6	7,5	9	10,5	-	-
K2 при укріплених узбіччях	2,2	1,5	1,4	1	0,8	0,7	-	-
K2 при неукріплених узбіччях	4	2,8	2,5	1,5	1	0,9	-	-
P2	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	-	-
P2	0,5	0,61	0,67	0,83	1	1,17	-	-
Ширина узбіччя, м	0,5	1	1,5	2	2,5	3	-	-
K3	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	1	-	-
P3	0,17	0,33	0,5	0,67	0,83	1	-	-
Подовжній похил, %	20	30	50	70	80	-	-	-
K4	1	1,25	2,5	2,8	3	-	-	-
P4	1	1,5	2,5	3,5	4	-	-	-
Радіус кривих у плані, тис.м	0,05	0,1	0,15	0,2-0,3	0,4-0,6	0,6-1	1-2	2
K5	10	5,4	4	2,25	1,6	1,4	1,25	1
P5	0,03	0,05	0,08	0,13	0,25	0,4	0,75	1
Видимість, тис.м	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,35	0,4	0,5
K6 у плані	3,6	3	2,7	2,25	2	1,45	1,2	1
K6 у подовжньому профілі	5	4	3,4	2,5	2,4	2	1,4	1
P6	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1
Довжина прямих ділянок, км	3	5	10	15	20	25		
K8	1	1,1	1,4	1,6	1,9	2		
P8	1	1,67	3,33	5	6,67	8,33		
Пересічення в одному рівні при інтенсивності руху, авт./доб.	1000	1600	1600-5000	3500-5000	5000	-	-	-
K10	1	1,5	2	3	4	-	-	-
P10	1	1,6	3,3	4,25	5	-	-	-
Видимість пересічення на одному рівні з дороги, що примикає, м	60	60-40	40-30	30-20	До 20	-	-	-
K11	1	1,1	1,65	2,5	10	-	-	-
P11	1	0,83	0,75	0,58	0,33	-	-	-
Довжина населеного пункту, км	0,5	1	2	3	5	6	-	-
K14	1	1,2	1,7	2,2	2,7	3	-	-
P14	1	2	4	6	10	12	-	-
Коефіцієнт зчеплення	0,2-0,3	0,4	0,6	0,7	0,75	-	-	-
K16	2,5	2	1,3	1	0,75		-	-
P16	0,36	0,57	0,86	1	1,07		-	-
Ширина розділювальної смуги, м	1	2	3	5	10	15	-	-
K17	2,5	2	1,5	1	0,5	0,4	-	-
P17	0,2	0,4	0,6	1	2	3	-	-

Для забезпечення зазначеної відповідності повернемо криві щодо вертикалі при $P_{n_i} = 1$. Це забезпечиться додаванням у рівняння відповідних залежностей $K_1=f(2-P_1)$, $K_2=f(2-P_2)$, $K_8=f(2-P_8)$, $K_{10}=f(2-P_{10})$, $K_{14}=f(2-P_{14})$ значення 2, що показано на рис. 1 б).

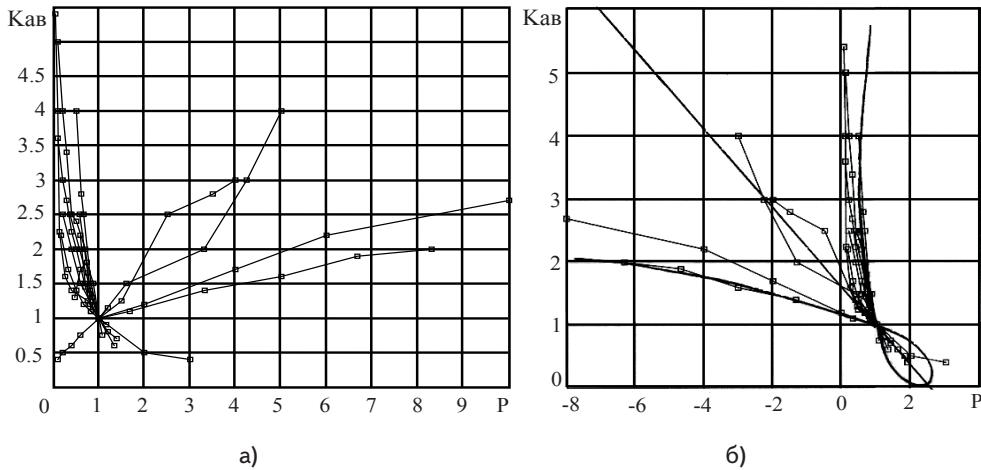


Рис. 1. Графік змін відносного числа ДТП (Каві): а) від нормованої величини P характеристик умов руху; б) від нормованої величини P' характеристик умов руху з урахуванням тенденції зміни аварійності

З отриманого графіка видно, що гранична крива, яка описує область розташування залежностей характеристик умов руху, є кривий третього порядку – строфоїда [3], причому її петля знаходиться нижче точки $K_i = P_{n_i} = 1$, охоплюючи сукупність точок, що відповідає зниженню імовірності виникнення ДТП стосовно еталонних умов, рис. 1 б).

Крива, що описує область імовірної зміни відносного числа ДТП має вісь симетрії, що вказує на загальну тенденцію зміни аварійності в залежності від нормованих характеристик умов руху, а також на наявність крапки, у якій відносне число ДТП повинне знизиться до нуля.

У свою чергу присутні оптимальні значення характеристик умов руху, що забезпечують мінімальну аварійність, нормована функція для них дорівнює 2,5, рис. 1 б).

Додатково можна виділити другу точку, що відповідає мінімальній аварійності, якщо керуватися лінією строфоїди, рис. 1 б), нормована функція дорівнює 2,25. В цілому, з урахуванням точності проведених досліджень необхідно звертати увагу на інтервал нормованої функції 2,2...2,5.

Відповідно до даних табл. 1 оптимальні умови руху, що відповідають мінімальним значенням відносної аварійності можна описати наступним чином: інтенсивність руху 12 й 37 тис. авт/сут; ширина проїзної частини 19 і 22 м; ширина узбіччя більш 3 м; подовжній похил 50%; ра-

діус кривих у плані не менш 5 тис. м; видимість більш 500 м; довжина прямих ділянок 7 км; пересічення на одному рівні при інтенсивності руху 2500 авт./сут.; видимість пересічення не менш 150 м; довжина населеного пункту 1,25 км; довжина ділянки на підходах до населеного пункту не менш 2,5 км; коефіцієнт зчеплення більш 0,75; ширина розділювальної смуги не менш 12,5 м.

Таким чином, проведений попередній аналіз характеру змін відносного числа ДТП в залежності від характеристик умов руху показав, що загальна тенденція зміни аварійності присутня, тому є припущення, що можлива наявність певних груп факторів, що сумісно визначають умови скоєння ДТП. Тому, потрібно дослідити залежності зміни відносної аварійності методами багатofакторного аналізу.

Визначення інтегральних головних факторів впливу умов руху на процес виникнення ДТП на ділянках автомагістралей

Виконані досліді щодо впливу елементарних характеристик умов руху на зміну відносної кількості ДТП несуть у собі скриту інформацію їхньої сумісної

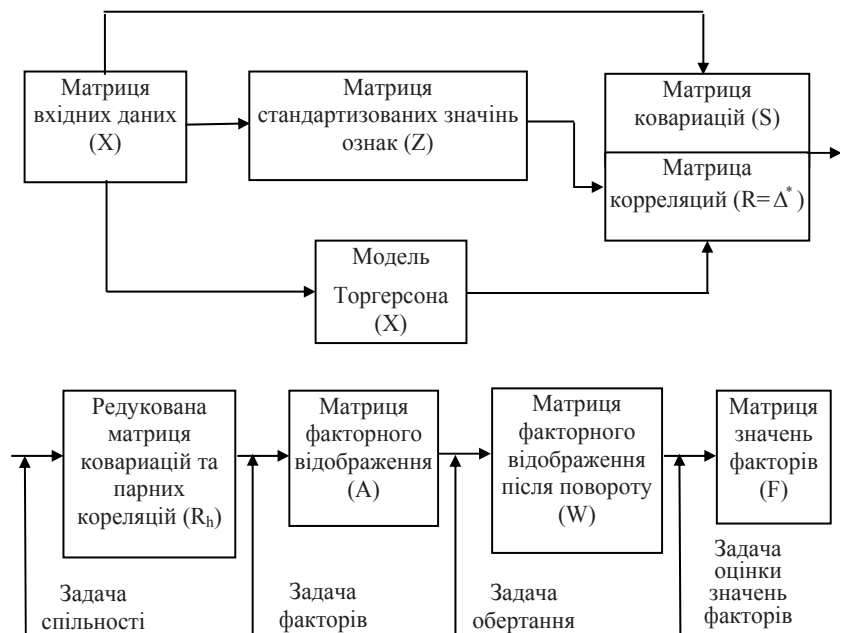


Рис. 2. Алгоритм реалізації метода факторного аналізу для розкриття системи безпеки руху

взаємодії, яка пов'язана з еталонними умовами руху та нормуванням відповідно до них наявної кількості ДТП при змінах окремої характеристики [4].

Згідно теорії статистичного аналізу вплив елементарних характеристик умов руху на зміну кількості ДТП можливо представити у вигляді багатомірного явища [5] з великою кількістю ознак. Метод багатомірного статистичного аналізу дозволяє з певною ціллювою функцією знайти та сформулювати інтегровані головні фактори, з ціллювою функцією - формування зміни відносної кількості ДТП у відповідно до елементарних характеристик умов руху [5].

Пропонується в нашому випадку застосовувати наступну послідовність методів аналізу:

1) метод багатомірного шкалювання Торгерсона [5], що ґрунтується на використанні кількісних характеристик об'єктів;

2) метод головних факторів [5] (метод Хотеллінга), оскільки він дозволяє порівняно швидко виділити найбільшу кількість загальних факторів, що враховують майже всю сумарну спільність.

Аналіз залежностей відносної аварійності від характеристик умов руху дозволив виділити наступні елементарні ознаки умов, вплив яких на показники аварійності досліджено в [2,6] у вигляді певного ряду значень, 17 з 20 інші значення не відповідають тематиці дослідження: K_1 - коефіцієнт, враховуючий інтенсивність руху; K_2 - коефіцієнт, враховуючий ширину проїзної частини; K_3 - коефіцієнт, враховуючий ширину узбіччя; K_4 - коефіцієнт, враховуючий похил подовжній похил дороги; K_5 - коефіцієнт, враховуючий радіуси кривих в плані; K_6 - коефіцієнт, враховуючий видимість в плані й профілі; K_7 - коефіцієнт, враховуючий розходження в ширині проїзної частини мостів й дороги; K_8 - коефіцієнт, враховуючий довжину прямих ділянок дороги; K_9 - коефіцієнт, враховуючий тип пересічення; K_{10} - коефіцієнт, враховуючий інтенсивність руху в області пересічення; K_{11} - коефіцієнт, враховуючий видимість пересічення на одному рівні з дороги, що примикає; K_{12} - коефіцієнт, враховуючий число смуг руху на проїзній частині; K_{13} - коефіцієнт, враховуючий відстань від забудови до проїзної частини; K_{14} - коефіцієнт, врахо-

Таблиця 2

Значення обраних змін відносної кількості ДТП для двадцяти значень відповідних елементарних ознак дорожніх умов позаміських доріг

Зміни ДТП	Признак														
	K1	K2	K3	K4	K5	K6(1)	K6(2)	K8	K10	K11	K14	K16	K17	K18	K18
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,71	2,20	5,36	0,42	7,54	6,04	6,88	0,88	1,00	5,00	1,00	10,6	2,50	4,30	2,20
2	0,74	1,79	4,27	0,50	2,34	3,06	4,03	0,82	1,20	4,64	1,10	8,82	2,11	3,99	2,10
3	0,79	1,58	2,73	0,51	1,74	2,50	2,74	0,81	1,37	4,26	1,23	6,66	1,71	3,73	2,00
4	0,88	1,44	2,12	0,58	1,50	2,25	2,09	0,82	1,51	3,92	1,38	4,87	1,41	3,48	1,91
5	1,00	1,34	1,80	0,66	1,34	2,01	1,77	0,82	1,63	3,57	1,52	3,39	1,18	3,25	1,85
6	1,19	1,25	1,61	0,72	1,27	1,85	1,61	0,84	1,74	3,21	1,67	2,77	1,04	3,03	1,81
7	1,43	1,16	1,47	0,80	1,15	1,77	1,45	0,91	1,84	2,85	1,82	2,46	0,94	2,82	1,76
8	1,64	1,10	1,40	0,87	1,08	1,61	1,41	0,94	1,96	2,55	2,00	2,22	0,84	2,62	1,69
9	1,73	1,04	1,33	0,94	1,03	1,58	1,29	0,97	2,06	2,29	2,13	2,00	0,76	2,41	1,59
10	1,76	0,98	1,25	1,03	0,99	1,53	1,21	1,11	2,19	2,09	2,23	1,85	0,69	2,25	1,50
11	1,71	0,93	1,19	1,12	0,95	1,45	1,16	1,27	2,29	1,93	2,30	1,69	0,62	2,09	1,42
12	1,59	0,89	1,13	1,21	0,89	1,37	1,12	1,47	2,40	1,81	2,38	1,57	0,56	1,94	1,36
13	1,30	0,86	1,11	1,32	0,84	1,29	1,09	1,76	2,51	1,65	2,44	1,45	0,51	1,82	1,31
14	1,00	0,83	1,05	1,41	0,81	1,25	1,08	2,14	2,63	1,40	2,52	1,35	0,46	1,70	1,26
15	0,88	0,80	1,02	1,50	0,79	1,16	1,06	2,52	2,75	1,14	2,58	1,23	0,45	1,59	1,22
16	0,77	0,78	0,97	1,60	0,77	1,12	1,04	2,94	2,91	1,07	2,64	1,17	0,42	1,47	1,17
17	0,68	0,76	0,94	1,71	0,71	1,08	1,01	3,50	3,07	1,03	2,73	1,01	0,42	1,36	1,12
18	0,56	0,75	0,88	1,82	0,69	1,04	1,00	4,17	3,31	1,03	2,80	0,92	0,41	1,23	1,08
19	0,44	0,74	0,86	1,92	0,67	1,00	1,00	4,70	3,60	1,02	2,91	0,80	0,41	1,12	1,04
20	0,36	0,73	0,83	2,05	0,63	0,96	0,98	5,47	4,00	1,02	30,0	0,71	0,40	1,00	1,00
Ср. знач.	1,06	1,10	1,67	1,13	1,39	1,80	1,75	1,94	2,30	2,37	3,47	2,88	0,89	2,36	1,52

вуючий довжину населеного пункту; K_{15} - коефіцієнт, враховуючий довжину ділянок на підходах к населеному пункту; K_{16} - коефіцієнт, враховуючий коефіцієнт зчеплення дорожнього покриття; K_{17} - коефіцієнт, враховуючий ширину розділювальної смуги.

Аналітичну обробку залежностей відносної кількості ДТП по кожній характеристиці умов руху будемо проводити для двадцяти рівновіддалених точок дозволила сформувавши матрицю вихідних даних – табл. 2, інші коефіцієнти не підлягають обробці, тому що їхні значення не відповідають автомагістралям або не можуть бути відповідним чином аналітично враховані.

Після виконання відповідних розрахунків і перевірок згідно методу Торгерсона [5] й Хотеллінга [5] була виявлена наявність шістьох головних узагальнених факторів, які об'єднують попередні елементарні ознаки відповідно до розрахованих навантажень у табл. 2. наведені у табл. 3, і які можна вважати достовірними [5].

Таблиця 3

Результати знаходження головних факторів впливу умов руху на відносну кількість ДТП на ділянках позаміських доріг

Елементарні залежності	Навантаження елементарних ознак у складі інтегрованих головних факторів					
	фактор F1	фактор F2	фактор F3	фактор F4	фактор F5	фактор F6
K1	-0,177	2,110	1,256	1,164	0,322	-0,124
K2	0,639	0,401	0,336	-0,137	-0,144	0,037
K3	1,673	-0,663	-0,115	-0,307	0,368	0,030
K4	-2,241	1,805	-0,778	-0,002	0,130	0,155
K5	2,414	-1,720	-1,395	1,176	-0,217	-0,008
K6(1)	1,416	-0,442	-0,291	0,377	-0,127	0,023
K6(2)	1,840	-1,057	-0,614	0,076	0,185	0,003
K8	-3,228	1,194	-1,659	-0,623	-0,080	-0,176
K10	-1,974	1,662	-0,438	-0,007	0,017	0,066
K11	1,275	0,138	0,920	-0,378	-0,325	-0,060
K14	-7,037	-3,157	0,845	0,181	0,015	0,010
K16	2,555	-1,272	0,127	-0,763	0,335	0,000
K17	1,658	-0,460	0,427	-0,511	-0,065	-0,079
K18(1)	0,917	0,549	0,794	-0,186	-0,238	0,059
K18(2)	0,271	0,911	0,586	-0,059	-0,175	0,063

Далі були сформовані відповідні головні фактори F1-F6 та проведена їх логічна інтерпретація, як характеристик умов руху, що забезпечують формування безпеки дорожнього руху.

Отримані значення навантажень головних факторів (табл. 3) по кожній елементарній характеристиці, були перераховані за модулем на відповідні відсотки входу до складу інтегрованого фактору. Графіки вказаних відсотків наведені дали на рис. 3...8 [7].

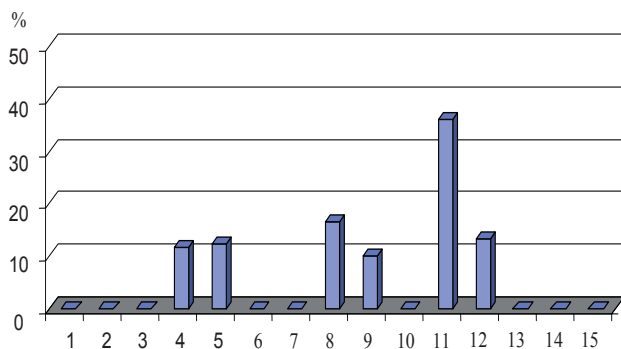


Рис. 3. Відсоток входження до складу інтегрованого F1 елементарних ознак умов руху відповідно до табл. 2 та 3

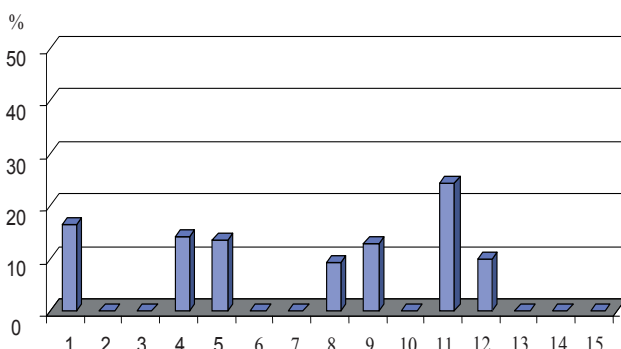


Рис. 4. Відсоток входження до складу інтегрованого F2 елементарних ознак умов руху відповідно до табл. 2 та 3

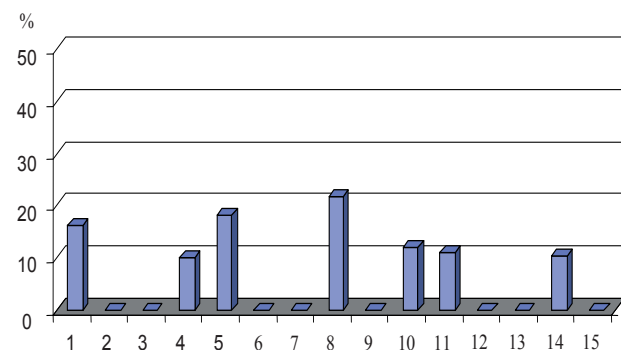


Рис. 5. Відсоток входження до складу інтегрованого F3 елементарних ознак умов руху відповідно до табл. 2 та 3

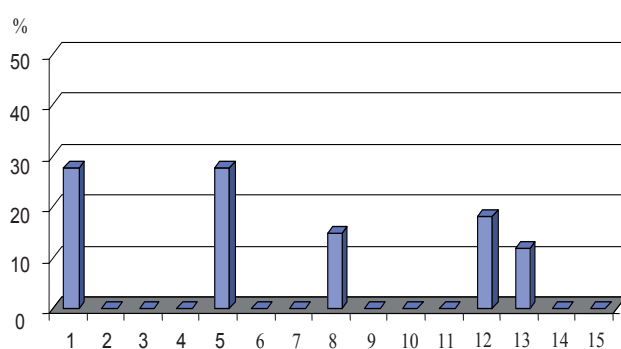


Рис. 6. Відсоток входження до складу інтегрованого F4 елементарних ознак умов руху відповідно до табл. 2 та 3

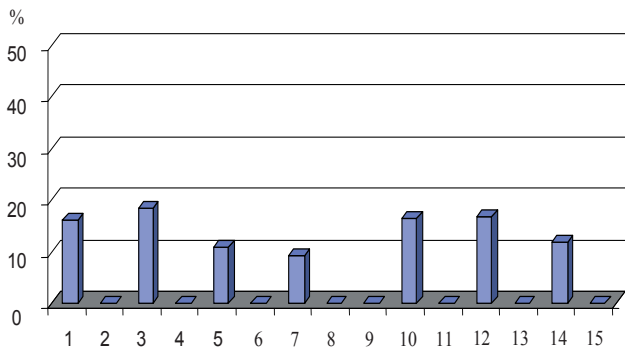


Рис. 7. Відсоток входження до складу інтегрованого F5 елементарних ознак умов руху відповідно до табл. 2 та 3

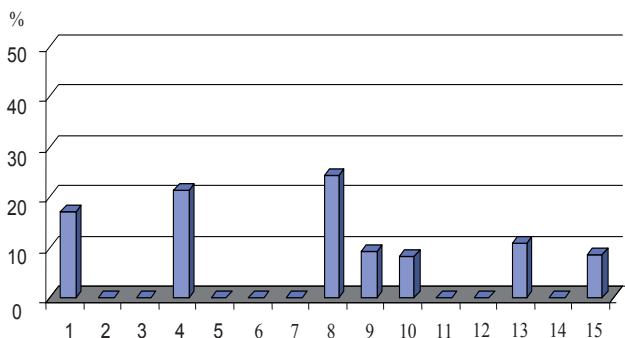


Рис. 8. Відсоток входження до складу інтегрованого F6 елементарних ознак умов руху відповідно до табл. 2 та 3

При кількості ознак 15 середній рівномірний відсоток впливу кожної ознаки у складі фактору складає 7%, тому пошук найбільш впливових елементарних ознак виконуємо біля значення вказаного відсотка.

Результати та їх обговорення

Інтегровані характеристики умов руху будуть мати в своєму складі наступні елементарні ознаки (номера ознак надані в порядку зменшення відсотка впливу):

- F1: 11, 8, 12, 5, 4, 9; приймаємо 11, 8, 12;
- F2: 11, 1, 4, 5, 9, 12, 8; приймаємо 11, 1, 4;
- F3: 8, 5, 1, 10, 11, 4, 14; приймаємо 8, 5, 1;
- F4: 5, 1, 12, 8, 13; приймаємо 5, 1, 12;
- F5: 3, 1, 10, 12, 14, 5, 7; приймаємо 3, 1, 10;
- F6: 8, 4, 1, 13, 9, 10, 15; приймаємо 8, 4, 1.

Узагальнюючи елементарні характеристики умов руху у кожній характеристиці можливо сформулювати їх визначення: F1, враховує наявність та довжину населених пунктів, прямих ділянок та кількість смуг руху на цих ділянках; F2, враховує наявність та довжину населених пунктів, інтенсивність руху та наявність похилу проїзної частини; F3, враховує наявність та довжину прямих ділянок, наявність та довжину ділянок з радіусами та інтенсивність руху; F4, враховує наявність та довжину ділянок з радіусами та інтенсивність руху та число смуг руху; F5, враховує наявність пересічень доріг, інтенсивність руху та ширину узбіч; F6, враховує наявність та довжину прямих ділянок, наявність похилу проїзної частини та інтенсивність руху.

Висновки

Таким чином, аналіз змін відносної аварійності для ділянок автомагістралей, як результат обробки статистичних даних, показав наявність наступних основних напрямків формування впливу умов руху на показники аварійності: геометрія ділянки автомагістралі та стан дорожнього покриття зазначеної ділянки при наявності значної інтенсивності руху.

Література

1. Шевяков А.П. Организация движения на автомобильных магистралях [Текст] / А.П. Шевяков – М.: Транспорт, 1985. – 90 с.
2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст] / В.Ф. Бабков – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
3. Дудников А.Н. Возможность оптимизации условий движения транспортного потока коэффициентами аварийности [Текст] / А.Н. Дудников, Н.Н. Дуникова // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Зб. наук. пр. – К.: НТУ, 2004. - № 71. – С. 260 - 266.
4. Четверухин Б.М. К объективности оценки степени влияния дорожных условий на безопасность движения итоговыми коэффициентами аварийности [Текст] / Б.М. Четверухин, П.Н. Положенко, Н.Н. Дудникова // Безпека дорожнього руху України. Науково-технічний вісник. – МВС України. - 2004. - № 1 - 2. – С. 62-65.
5. Многомерный статистический анализ в экономике [Текст] / [Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н., Уебе Г., Шефер М.]. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 1999. - 598 с.
6. Бабков В.Ф. Современные автомобильные магистрали [Текст] / В.Ф.Бабков – [2-е изд.]. - М.: Транспорт, 1974. – 279 с.
7. Дудніков О.М. Комплексні характеристики дорожніх умов щодо оцінки безпеки руху [Текст] / О.М. Дудніков, Н.М. Дуднікова // Вісник НТУ. Науково-технічний збірник присвячений 60-річчю застосування університету. – К.: НТУ, 2004. – С. 203 – 206.