

УДК 658.26

к.т.н., професор Рейцен Є.О., Дерєка О.Г.,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ МІСЬКОГО РУХУ

Проведено аналіз існуючої практики й науково-методичного забезпечення застосування методів теорії інформації для оцінки стану безпеки міського руху з установами залежності між питомою кількістю ДТП і інформаційною ємністю дорожньої обстановки.

Ключові слова: безпека міського руху, дорожня обстановка, ентропія.

Починаючи з 70-х рр. минулого століття, на кафедрі міського будівництва проводяться дослідження по застосуванню методів теорії інформації для оцінки стану безпеки міського руху на прикладі м. Києва та інших міст України.

Першою науковою статтею у цьому напрямку була стаття І. В. Бегми [1], у якій, зокрема, відзначалося, що недостатнє врахування впливу дорожньої обстановки (ДО) на умови руху автотранспорту на автомобільних дорогах в значній мірі обумовлюється відсутністю об'єктивних показників кількісної оцінки обстановки. Це ж саме стосується міських вулиць і доріг, де ситуація більш складна, ніж на автомобільних дорогах.

Першою науково – дослідною роботою на кафедрі міського будівництва був дипломний проект з науково-дослідним ухилом, виконаний студентами факультету міського будівництва М. Іоліним та Т. Кукаренко у 1972-73 рр. під керівництвом проф. Богацького Г. П. і ст. викл. Рейцена Є. О. Темою дипломного проекту було «Дослідження застосування методів теорії інформації для отримання залежностей між питомою кількістю ДТП і інформаційною ємністю дорожньої обстановки». Студенти були направлені на практику до Харківського автомобільно-дорожнього інституту, де вивчали методику, розроблену доцентом цього інституту І. В. Бегмою але стосовно автомобільних доріг.

Для відпрацювання методики та застосування її в умовах міста, у Києві була обрана траса, що складалася з ланцюга двох загальноміських магістралей вул. Басейної та бульв. Лесі Українки. На вказаних магістралях за допомогою фотозйомки здійснювалась фіксація елементів ДО уздовж всієї траси. Фотографування велося з автомобіля, що рухався, у точках зміни видимості (повороту траси чи незабезпечення трикутника видимості), а також у точках перед появою дорожніх ситуацій, що склалися з елементів, що найчастіше зустрічалися у ДО. Поперечники траси, на яких здійснювалась фотозйомка,

прив'язувались до її кілометражу. На основі аналізу записів ДО був складений її алфавіт [2], який наводиться нижче табл.1.

Таблиця 1.

Частота появи різних типів елементів ДО

№	Найменування елементів	Позначення
1.	Пішоходи	A ₁
2.	Пішохідний перехід (регульований)	A ₂
3.	Пішохідний перехід (нерегульований)	A ₃
4.	Скупчення людей	A ₄
5.	Зупинка громадського транспорту	A ₅
6.	Вхід в громадську будівлю	A ₆
7.	Перетин	A ₇
8.	Дорожні знаки	A ₈
9.	Світлофор	A ₉
10.	Автомобіль легковий	A ₁₀
11.	Автомобіль вантажний	A ₁₁
12.	Автобус	A ₁₂
13.	Тролейбус	A ₁₃
14.	Трамвай	A ₁₄
15.	Трамвайне полотно	A ₁₅
16.	Автомобіль, що стоїть	A ₁₆
17.	Розворот	A ₁₇
18.	Ряд стовпів і дерев	A ₁₈
19.	Паркан	A ₁₉
20.	Бульвар	A ₂₀
21.	Будівлі	A ₂₁
22.	Дорожньо-транспортна споруда	A ₂₂
23.	Примикання (розгалуження)	A ₂₃
24.	Нерівності проїзної частини	A ₂₄
25.	Крива	A ₂₅
26.	Зустрічний автомобіль	A ₂₆
27.	Острівць	A ₂₇

Для визначення залежності кількості ДТП від інформаційної ємкості дорожньої обстановки вивчалися ДТП на обраних магістралях м. Києва за три роки й бралася їхня середньорічна кількість. Апроксимація експериментальних даних була виконана поліномом третього ступеня. Аналогічна для цих же магістралей робота була повторена через 15 років (у 1989 р. студент факультету МБ КІБІ О. Мірсаков за свою роботу був удостоєний диплома I ступеня на конкурсі студентських робіт в УРСР і Медалі Мінвузу СРСР), а апроксимація залежності між інформаційною ємкістю дорожньої обстановки (біт/м) і питомою кількістю

ДТП, що віднесена до погонного метра дороги, здійснена за експоненційною кривою.

Саме від елементів дорожньої обстановки, при інших однакових умовах (інтенсивності руху, складі транспортного потоку і ін.) залежать такі показники роботи автомобілів як швидкість та безпека руху. Тому дорожню обстановку треба проектувати з врахуванням вимог ефективної роботи автотранспорту. Недостатній розрахунок впливу дорожньої обстановки на умови руху автотранспорту в значній мірі обумовлюється відсутністю об'єктивних показників кількісної оцінки обстановки.

В світлі ідей науки про керування та зв'язки (кібернетики) водій – автомобіль – дорога (В-А-Д) являють собою елементи єдиної складної системи (комплексу), призначенням якої є виконання транспортної роботи. Кожен з елементів цієї системи є також складною системою і має певні властивості.

Як показано в [3] комплекс В-А-Д відрізняється від інших систем своєю складністю. Ці специфічні особливості полягають у наступному:

- наявність великої кількості операторів з різними індивідуальними якостями з точки зору фізіологічних, соціальних і ін. аспектів;
- наявність в транспортному процесі багатьох мільйонів екіпажів з різними експлуатаційними характеристиками;
- наявність великої кількості пішоходів;
- велика різноманітність кліматичних, погодних, дорожніх умов;
- часті і раптові зміни дорожньої ситуації (час зміни ситуації менший ніж час оцінки ситуації водієм).

Представимо укрупнену модель комплексу В-А-Д у вигляді графа (рис.1).

На ньому крім складових В (водій), А (автомобіль), Д (дорога), які між собою мають прямі та зворотні зв'язки, також існують ще дві складові С (середовище) і О (обслуговування – автосервіс, ДАІ та ін.), які з кожною з складових В-А-Д мають тільки односторонні зв'язки. Саме ці дві останні складові вносять різні перешкоди в роботу системи В-А-Д.

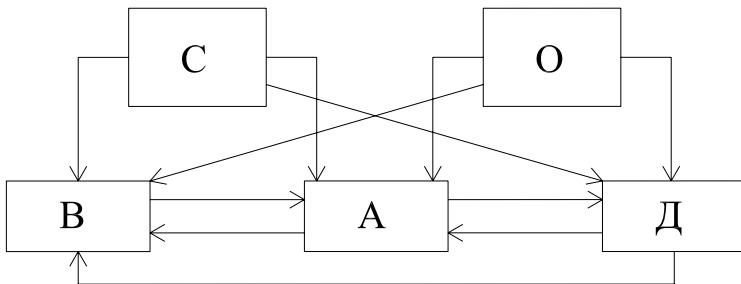


Рис.1 Граф комплексу В-А-Д як система обслуговування

Система В–А–Д давно розглядається як кібернетична система, для якої необхідною, але недостатньою умовою є наявність прямих та зворотних зв'язків між її елементами. Такі зв'язки показані на рис.1. Для прикладу опишемо їх: водій (В) впливає на автомобіль (А), так як управляє їм (зв'язок В→А); автомобіль впливає на дорогу (Д), так як рухається по ній (зв'язок А→Д) – це прямі зв'язки. Зворотні зв'язки: дорога впливає на автомобіль через нерівності, заокруглення, уклони і т.п. (зв'язок Д→А); автомобіль впливає на водія через заноси його на заокругленнях, при виході з ладу якогось його елемента і т.п. (зв'язок А→В). Наявність в системі прямих і зворотних зв'язків саме по собі вже говорить про можливість застосування методів теорії надійності вже на стадії розробки цих систем. Основи надійності системи В–А–Д–С (додається компонент (С) «середовище») описані в [4].

Саме поняття «середовище», яке безпосередньо впливає на водія, автомобіль і дорогу, в основному формує ДО.

Візьмемо тільки одну складову – дорога (вулиця). Тут одразу виникає багато питань. Який тип покриття має ця дорога? Які її геометричні характеристики (ширина, радіуси заокруглення, поздовжній профіль), стан покриття (мокрый, заледенілий, брудний та ін.)? Яка видимість на дорозі (вдень, при включенні зовнішнього освітлення та ін.)?

Основним недоліком методики ХАДІ [1] є ігнорування періодів доби, тоді як очевидно, що невизначеність ДО (ентропія) вночі більша ніж вдень. У цьому випадку більш доречно використати наступний метод [5]. Відомо [6], що кількість інформації можна представити, як

$$I = \sigma_0 + \sigma_n, \quad (1)$$

де I – кількість інформації, біт;

σ_0 – об'єктивна невизначеність руху;

σ_n – невизначеність (суб'єктивна) уявлень спостерігача (водія) про ДО.

Очевидно, що кількість суб'єктивної інформації, наявної у водія про ту чи іншу ДО, а відповідно, і про необхідні дії, буде визначатися його досвідченістю, стажем роботи і т.п. В умовах міста (на відміну від автодоріг) для більшості водіїв (міського пасажирського транспорту, таксі і т.п.) показник σ_n практично рівний нулю, так як вони гарно знають особливості вуличної мережі свого міста. А показник σ_0 залежить від кількості можливих ситуацій, що є наслідком взаємодії різних видів транспорту між собою і з пішоходами. Тому його можна виразити через математичне очікування середньої кількості ДТП на відповідних ділянках магістралей, так як саме середня кількість ДТП на даній магістралі може розглядатися як наслідок (зворотній зв'язок) сукупного впливу ДО, яка визначається частотою пішохідних переходів, зупинок міського

пасажирського транспорту, дорожніх знаків, світильників і величиною інтенсивності руху транспорту і пішоходів.

Згідно з [7] ентропію можна представити у вигляді математичного очікування

$$H(X) = M [-\log P(X)], \tag{2}$$

де $\log P(X)$ - логарифм імовірності будь-якого (випадкового) стану системи, яка розглядається як випадкова величина.

Коли система (наприклад магістраль) приймає стан $X_1 \dots X_n$, випадкова величина $\log P(X)$ приймає значення: $\log P_1; \log P_2; \dots \log P_n$.

Середнє значення (математичне очікування) випадкової величини $-\log P(X)$ і є ентропія системи X .

На основі зазначеного може бути обчислена ентропія будь-якої магістралі в різний час доби, яка впливає на зорове сприйняття ДО водія і пішоходами.

Повертаючись до питань активної безпеки комплексу А-В-Д на основі підходу до нього, як до великої системи, в якій циркулюють інформаційні потоки, в роботі [8] було встановлено, що складність ділянки дороги може оцінюватись величиною коефіцієнта складності:

$$K_{сл} = \frac{H(V,\theta) + H_1(V) + H_1(\theta)}{l}, \tag{3}$$

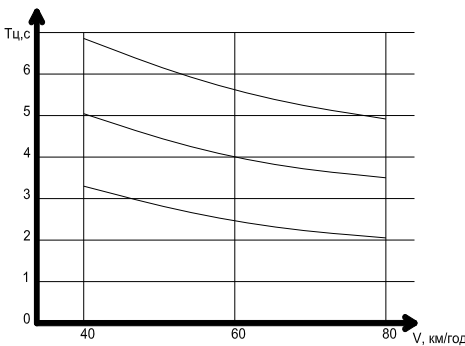
де $H_1(V)$ – ентропія режимів руху по швидкості;

$H_1(\theta)$ – ентропія режимів руху в плані (по куту повороту коліс);

$H(V,\theta)$ – ентропія режимів руху по θ з урахуванням в перерізі магістралі;

l - відстань сприйняття.

Коефіцієнт складності $K_{сл}$ визначає об'єм інформації, необхідний водію для вибору безпечного режиму руху на заданій ділянці дороги. Значення величини сприйняття в формулі (3) розраховується по методиці, викладеній в роботі [8]. По певним залежностям зміни тривалості циклів сприйняття від швидкості руху (рис.2) знаходиться тривалість циклу сприйняття $T_{ц}'$ при швидкості, рівній її математичному очікуванню в даному перерізі магістралі.



Тоді величина відстані визначається як:

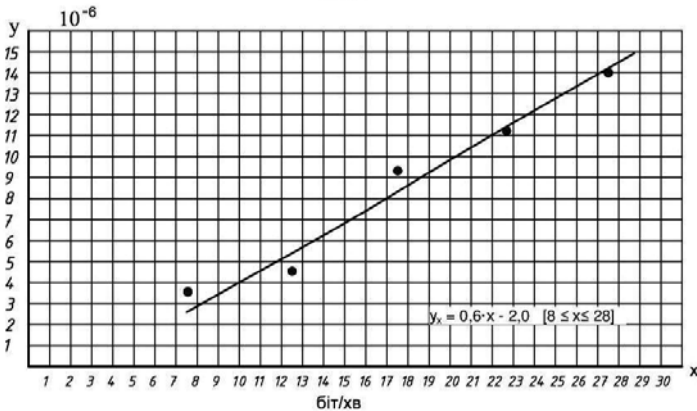
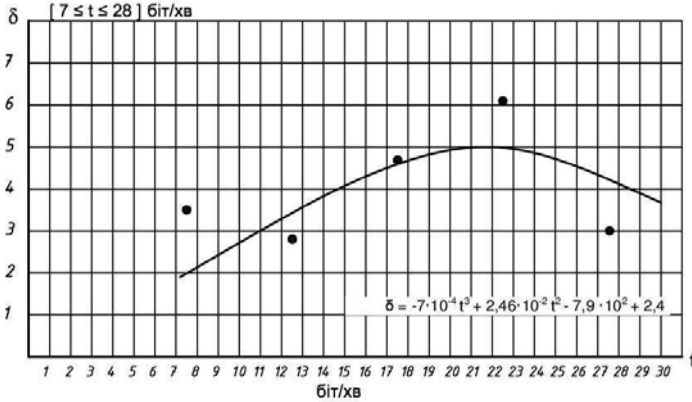
$$l = M_v \cdot T_{ц}'; \tag{4}$$

Практичні дослідження показали наявність кореляції між величиною коефіцієнта складності і кількістю ДТП на даній ділянці магістралі.

Рис.2 Залежність зміни тривалості циклів сприйняття від швидкості руху.

Однак цей показник в більшій мірі характеризує потенціальну небезпеку здійснення ДТП. Величина коефіцієнта складності на будь-якій ділянці магістралі може приймати широкий діапазон значень.

Статичні залежності між інформаційною ємністю ДО і кількістю ДТП на 1 м вулиці і коефіцієнтом питомої небезпеки на прикладі м. Києва були встановлені О. Мірсаковим (згаданим вище) і мають вигляд:



Для підтвердження цих залежностей ми проводимо відповідні дослідження у м. Ніжині, де нами обрана траса, що складається з системи наступних магістралей: вул. Шевченка (3,72 км) – вул. Набережна (0,85 км) – вул. Московська (1,66 км), яка з'єднує автошляхи М-02 та Р-67 і має загальну довжину (6,23 км). Особливістю цієї траси є те, що у 2011 р. на ній зафіксовано 35% ДТП від загальної кількості ДТП з потерпілими по місту і те, що на частині вул. Шевченка посередині існує бульвар. У Києві досліджувалася траса з бульварами посередині вул. Басейної та Л. Українки і ми матимемо змогу порівняти наші і дані дослідження, про що буде наша наступна стаття.

Література

1. Бегма І.В. Застосування методів теорії інформації для оцінки дорожньої обстановки // Міжвідомчий Республіканський науковий збірник. – Вип. 3. – К.: Будівельник, 1967. – С.158-161.
2. Рейцен Е.А., Гром А.А. Информационный подход к оценке безопасности дорожного движения в городах. Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния / Материалы X международной научно практической конференции. – Екатеринбург: Издательство АМБ, 2004. – С.123-127.
3. Энглези И.П., Вербицкий В.Г., Ткаченко В.П., Рейцен Е.А. О системном подходе к решению проблемы «повышение безопасности дорожного движения» / Зб. «Містобудування та територіальне планування». -Вип. №36.- К.: КНУБА, 2010. - С. 518-526.
4. Ротенберг Р. В. Основы надежности системы водитель — автомобиль — дорога — среда. — М.: Машиностроение, 1986.— 214 с.
5. Рейцен Е.А., Кучеренко Н.Н. Зрительное восприятие - режим городского движения - режим наружного освещения / Світло люкс : Український світлотехнічний журнал. – Вип. № 1.- 2013. - С. 43-45.
6. Голдман С. Теория информации. -М.: Иностранная литература. 1957. -С.450.
Вентцель Е.С. Теория вероятности. – М.: Гизфизмат.-1962.-С.564.
7. Самойлов П.Ф. Исследование активной безопасности комплекса «Автомобиль – водитель – дорога». Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. МАДИ, Москва, 1972.

Аннотация.

В данной статье проведен анализ существующей практики и научно-методического обеспечения применения методов теории информации для оценки состояния безопасности городского движения и зависимость между удельным количеством ДТП и информационной емкостью дорожной обстановки.

Abstract.

The article deals with the analysis of existing practices and scientific and methodical support of application the methods of the theory of information for safety assessment of urban traffic and dependence between the specific number of road accidents and information capacity of the road situation.