

Кашканов А.А., к.т.н., Кужель В.П., к.т.н.

ДВНЗ «ВНТУ», м. Вінниця

## МЕТОДИКА ЗМЕНШЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ЗАДАЧАХ АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДТП, ЯКІ СТАЛИСЯ В ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ

*Розроблена методика та експертна програма для визначення дальності видимості об'єктів дорожньої обстановки в світлі автомобільних фар в умовах неточності та невизначеності вихідних даних.*

### Вступ

В темну пору доби, коли інтенсивність руху знижується в 3-10 разів, скоюється чимала частина всіх дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Це підтверджується статистичними даними Управління Державної автомобільної Інспекції МВС України, згідно з якими з загального числа ДТП біля 50 % пригод скоюються саме в темну пору доби, а число загиблих складає близько 60 % від загального числа травмованих. Ці цифри підтверджуються статистичними даними щодо кількості ДТП за кордоном, а саме в США та Англії. За даними Шведського інституту дорожньої безпеки третина усіх ДТП трапляється вночі і 21 % з них відноситься до наїзду на пішоходів. За даними Швейцарського дослідницького бюро наїзди на пішоходів уночі відбуваються в 9 разів частіше, ніж вдень, а на велосипедистів та інші перешкоди — відповідно в 2 і 3 рази.

Основні причини великої кількості ДТП у темну пору доби — зниження видимості, осліплення водіїв фарами автомобілів [1]. Саме дальність видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби визначається при розслідуванні механізму ДТП, а порівняння його значення з відстанню, на якій знаходився транспортний засіб (ТЗ) від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху, дає висновок про технічну можливість водія уникнути ДТП.

Виділимо задачі автотехнічної експертизи, які доводиться розв'язувати при аналізі ДТП, що сталися в темну пору доби: 1) визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в світлі автомобільних фар; 2) прогнозування безпечної швидкості руху за конкретних дорожніх умов. Отже, кожна із задач може розглядатися як пошук відображення:

$$X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*) \rightarrow Y_j \in Y = (\underline{y}, \bar{y}), \quad (1)$$

де  $X^*$  — множина факторів впливу для конкретної задачі;

$Y$  — множина рішень про значення конкретної величини.

Труднощі розв'язування такого роду задач: 1) прийняття об'єктивного рішення потребує врахування великого числа факторів впливу, а в більшості випадків одночасно діють декілька видів причинно-наслідкових зв'язків; 2) відсутність аналітичних залежностей між факторами впливу (причинами) і певним наслідком, а застосування існуючих методів обстеження призводить до значних труднощів через необхідність урахування різнорідних факторів, як кількісних (швидкість автомобіля), так і якісних (вид і стан дорожнього покриття).

### Мета та постановка завдань досліджень

Мета дослідження полягає в підвищенні точності визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби та об'єктивності прийняття рішення експертом-автотехніком в умовах неточності та невизначеності вихідних даних при проведенні експертизи ДТП. Для цього слід розробити на основі створеної математичної моделі [2, 3] експертну

систему для визначення дальності видимості об'єктів на дорозі та навести приклад її застосування при розслідуванні ДТП в темну пору доби.

### Основна частина

За існуючою методикою [1] безпосередньо на місці пригоди або за аналогічних умов, що визначені експертом (з метою врахування взаємозв'язку зовнішніх факторів впливу), проводиться натурний експеримент із визначення дальності видимості, який є надзвичайно трудомістким і потребує залучення висококваліфікованих фахівців та значних матеріальних ресурсів. На сьогоднішній день відсутні математичні залежності та експертні програми визначення дальності видимості, які б дозволили уникнути натурального експерименту.

Для вирішення вищерозглянутих проблем на основі методу ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань [3, 4] була розроблена математична модель визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в світлі автомобільних фар. Процес побудови моделі розподілявся на два етапи — структурна та параметрична ідентифікації (рис. 1). Були обрані найвагоміші фактори впливу на дальність видимості, які характеризують: 1) водія:  $B$  — гострота зору, *у.о.*;  $T$  — тривалість роботи за кермом, *год*;  $C$  — коефіцієнт засліплення, *у.о.*; 2) автомобіль:  $G$  — рівень завантаження, *кг*;  $E$  — освітленість дороги, *лк*; 3) дорогу, середовище:  $W$  — прозорість атмосфери, *м*;  $F$  — розташування перешкоди, *м*;  $K$  — контраст об'єкта розрізнення з фоном, *у.о.* Була розроблена нечітка база знань, визначені параметри функцій належності після налаштування. Перевірка адекватності моделі показала похибку, яка не перевищує 10,4%.

На основі розробленої та налаштованої моделі [2, 3, 4] була створена з використанням пакету програм Fuzzy Expert експертна програма для визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в умовах неточності та невизначеності вихідних даних, діалогові вікна якої наведені на рисунках 3, 4. Вихідні дані можуть задаватися числом, термом або за принципом “термометра” [4], коли експерт не в змозі оцінити змінну ні числом, ні якісним термом, а лише інтуїтивно відчуває її рівень. Програма дає змогу визначати значення дальності видимості дорожнього об'єкта за конкретних умов дорожньої обстановки.

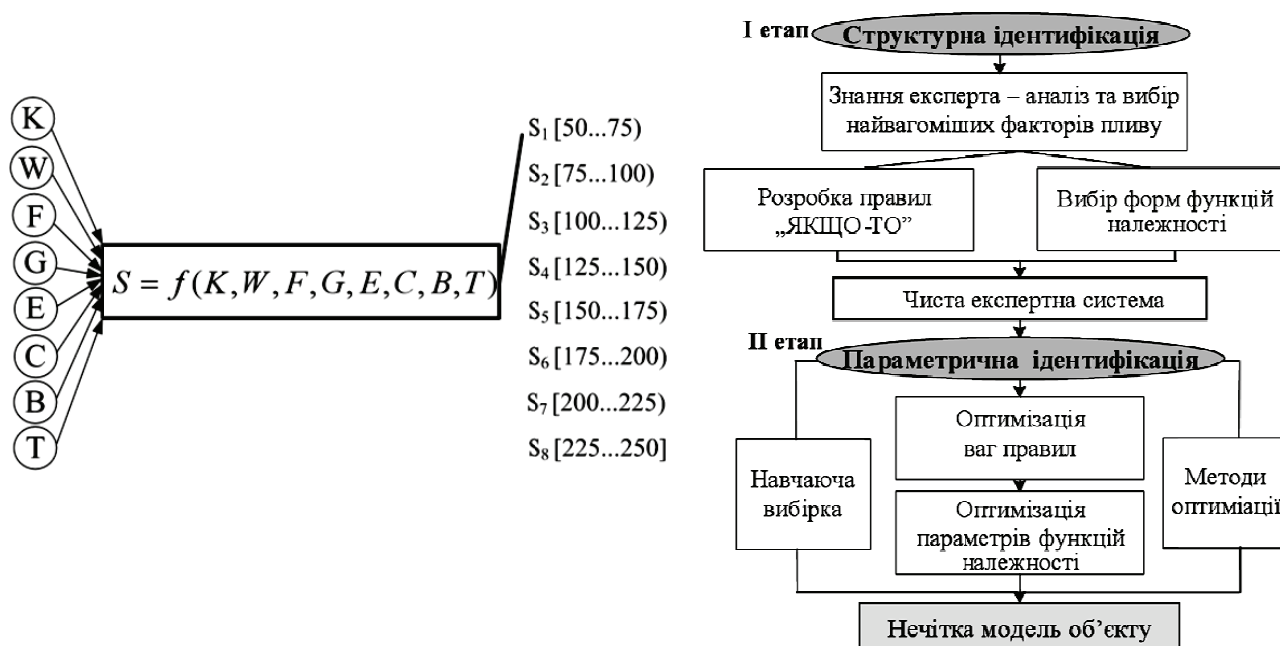


Рис. 1. Структура моделі визначення дальності видимості та етапи її налаштування

Для використання розробленої експертної програми в практиці автотехнічної експертизи ДТП необхідно вдосконалити існуючий протокол огляду місця ДТП, для чого в нього слід внести додаткові графи з факторами впливу на дальність видимості ( $W, K, F, G, E, C, B, T$ ) для обов'язкового заповнення на місці ДТП співробітником ДПС. При відсутності кількісних значень потрібно якісно описати параметри конкретного фактора (рис. 2).

<b>Параметри, які характеризують дальність видимості об'єкта на дорозі в темну пору доби:</b>	
$W$ – прозорість атмосфери _____ м; (160...300 м (Н, нС, С, вС, В) _____)	$K$ – контраст об'єкта розрізнення з фоном _____ у.о. (0...0,9 у.о. (Н, нС, С, вС, В) _____)
$F$ – розташування перешкоди на дорозі _____ м; (0...7,5 м (ліве, праве узбіччя, на осі дороги))	$G$ – рівень завантаження автомобіля _____ кг; (70...500 кг (без навантаження, середнє, повне) _____)
$E$ – освітленість дороги _____ лк; (10...30 лк (понижена, нормальна, підвищена))	$C$ – коефіцієнт засліплення _____ у.о. (1...1,35 у.о. (засліплення відсутнє, середнє, високе))
$B$ – гострота зору водія _____ у.о.; (1,6...1 у.о. (нС, С, В) _____)	$T$ – тривалість роботи за кермом _____ год. (0...16 год (Н до 2, нС 2-4, С 4-8, вС 8-12, В понад 12 год.))

Рис. 2. Графи, які запропоновано додати для удосконалення протоколу огляду місця ДТП:  
 $H, нС, С, вС, В$  — якісні терми для оцінки факторів впливу, відповідно: низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий

На основі вихідних даних з удосконаленого протоколу огляду місця ДТП проводиться розрахунок дальності видимості об'єкта для конкретної дорожньої обстановки з використанням розробленої експертної програми.

#### **Алгоритм методики визначення дальності видимості**

1. Визначається прозорість атмосфери  $W$ . Легковий автомобіль встановлюється передньою частиною вздовж дороги, поблизу правого узбіччя. По краю правого узбіччя відносно автомобіля встановлюються пронумеровані фішки.
2. Під час роботи двигуна на середніх обертах колінчастого валу вмикається дальнє світло фар, а спостерігачі разом із водієм спостерігають з кабіни як учасник експерименту зі світловідбивачем рухається від автомобіля, тримаючи світловідбивач на відстані 20 см від землі.
3. При цьому світловідбивач повертається площиною і ребром через крок.
4. В момент виходу учасника експерименту за межу видимості світловідбивача подається сигнал для його зупинки і визначається точна межа прозорості атмосфери для даних дорожніх умов, від якої вимірюється відстань до передньої частини транспортного засобу.
5. Визначається контраст об'єкта розрізнення з фоном  $K$ , враховуючи дорожнє покриття та особливості одягу потерпілого.
6. За допомогою люксметра визначається освітленість дороги та об'єкта на ній.
7. На основі зібраних початкових даних проводиться розрахунок конкретної дальності видимості для даних дорожніх умов за розробленою експертною програмою (рис. 3, 4).

#### **Приклад застосування розробленої експертної програми**

20.11.2007 р. о 23 годині 35 хвилині на 27 км автодороги Вінниця — Бар сталося ДТП. Автомобілем ВАЗ-21099 здійснено наїзд на пішохода, який перетинав проїзну частину дороги.

Ділянка дороги пряма, горизонтального профілю, покриття — сухий асфальтобетон. Зустрічних ТЗ не було. Технічно справний автомобіль зі швидкістю 84 км/год рухався в правому ряду з ввімкненим дальнім світлом фар. До наїзду автомобіль рухався без гальмування. Пішохід у темному одязі без світловідбиваючих елементів рухався зі швидкістю 8-12 км/год біля лівого краю проїзної частини, а потім розпочав її перетин. Отже, з удосконаленого про-

токолу ДТП відомо:  $W$  — прозорість атмосфери —  $199,5 \text{ м}$ ;  $K$  — контраст об'єкта розрізнення з фоном —  $0,1 \text{ у.о.}$ ;  $F$  — розташування перешкоди —  $1 \text{ м}$ ;  $G$  — рівень завантаження автомобіля —  $160 \text{ кг}$ ;  $E$  — освітленість дороги —  $18 \text{ лк}$ ;  $C$  — коефіцієнт засліплення —  $1,0 \text{ у.о.}$ ;  $B$  — гострота зору водія —  $0,8 \text{ у.о.}$ ;  $T$  — тривалість роботи за кермом —  $4 \text{ год}$ .

На основі отриманих даних, був проведений розрахунок дальності видимості за розробленою експертною моделлю (рис. 3, 4).

### Дослідницька частина

Водій повинен був керуватися вимогами п. 12.2 та п. 12.3 Правил дорожнього руху України, тобто вибрати швидкість руху у відповідності з видимістю дороги.

Змінна	Значення	Одиниця	Тип	Діапазон
W	199.50000	м	Число	160.00001 - 300.00000
K	0.100000	у.о.	Число	0.000001 - 0.900000
F	1.000000	м	Число	0.000001 - 7.500000
G	160.00000	кг	Число	70.00001 - 500.00000
E	18.000000	лк	Число	10.00001 - 30.000000
C	1.000000	у.о.	Число	1.000001 - 1.350000

Змінна	Значення	Одиниця	Тип	Діапазон
B	0.800000	у.о.	Число	0.600001 - 1.000000
T	4.000000	год.	Число	0.000001 - 16.000000

Рис. 3. Форма експертної програми для введення вихідних даних

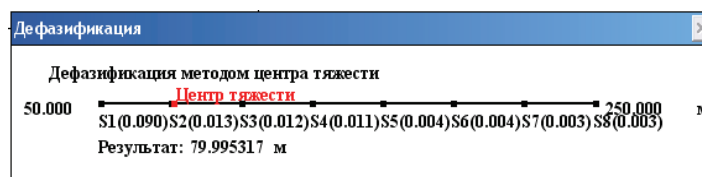


Рис. 4. Форма перетворення нечіткої інформації в чітку за принципом «центру ваги» — дефазифікація. Дальність видимості за розробленою експертною програмою складає  $80 \text{ м}$

При проведенні експерименту (для перевірки адекватності програми) була визначена дальність видимості, яка склала  $78,4 \text{ м}$ . Похибка експертної програми склала  $2 \%$ .

Визначимо допустиму швидкість руху автомобіля, яка за даних умов відповідає дальності видимості з умови рівності відстані видимості шляху зупинки автомобіля:

$$V_d = 3,6jT \left( \sqrt{\frac{2S_g}{jT^2} + 1} - 1 \right) = 88,8 \text{ км/год}, \quad (2)$$

де  $S_g$  — дальність видимості,  $\text{м}$ ;

$j$  — сповільнення при гальмуванні —  $6,7 \text{ м/с}^2$ ;

$T$  — час, необхідний для приведення гальмової системи в дію,  $\text{с}$ :

$$T = t_1 + t_2 + 0,5t_3 = 1,4 \text{ с}, \quad (3)$$

де  $t_1$  — час реакції водія при вирішенні питання про відповідність швидкості видимості дороги —  $1,0 \text{ с}$ ;

$t_2$  — час запізнювання спрацювання гальмової системи —  $0,2 \text{ с}$ ;

$t_3$  — час наростання сповільнення при гальмуванні —  $0,4 \text{ с}$ .

Максимально допустима швидкість руху, яка відповідає загальній видимості дороги, рівній 80 м, складає 88,8 км/год, що більше швидкості 84 км/год, з якою рухався автомобіль ВАЗ-21099. Небезпека настала в момент зміни пішоходом напрямку руху. Відстань, на якій знаходився автомобіль від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху:

$$V_H = \frac{V_a}{V_b} S_n = 28 \div 42 \text{ м}, \quad (4)$$

де  $V_a$  — швидкість руху автомобіля — 84 км/год;

$V_b$  — швидкість руху пішохода — 8 ÷ 12 км/год;

$S_n$  — шлях, який подолав пішохід з моменту виникнення небезпеки для руху до моменту наїзду — 4 м.

Отже, в момент виникнення небезпеки для руху автомобіль знаходився від місця наїзду на відстані 28 ÷ 42 м. Визначимо шлях, який необхідний для зупинки автомобіля:

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26j} = 73,2 \text{ м}, \quad (5)$$

де  $t_1$  — ситуаційний час реакції водія в наведеній дорожній ситуації — 0,6 с.

Шлях, необхідний для зупинки автомобіля, при швидкості руху 84 км/год складає 73,2 м, що більше відстані, на якій він знаходився від місця наїзду на момент виникнення небезпеки для руху. Слід зробити висновок, що в момент виникнення небезпеки для руху водій не мав технічної можливості шляхом гальмування уникнути наїзду на пішохода.

### **Висновки**

Використання нечіткої експертної інформації про значення факторів впливу на дальність видимості в удосконаленому протоколі огляду місця ДТП дозволяє зменшити невизначеність та неточність вихідних даних, об'єм експериментальних досліджень. Удосконалена методика та розроблена експертна програма дозволяють визначити дальність видимості в конкретних дорожніх умовах, використовуючи удосконалений протокол ДТП, і на 80 % зменшити час, який витрачається експертом — автотехніком для поглибленого аналізу, допиту учасників пригоди та свідків, проведення натурного слідчого експерименту. Застосування розробленої експертної програми дає змогу звузити діапазон можливих рішень експерта, і тим самим підвищити об'єктивність прийняття рішення.

### **Список літератури**

1. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод / [Галаса П. В., Кисельов В. Б., Куйбіда А. С. та ін.]. — К.: Експерт-сервіс, 1995. — 192 с.
2. Кужель В. П. Оцінка дальності видимості дорожніх об'єктів у темну пору доби при експертизі ДТП за допомогою нечіткої логіки / В. П. Кужель // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. — 2008. — №41. — С. 91-95.
3. Кашканов А. А. Вплив ефективності світлових систем автомобілів на видимість дорожніх об'єктів та безпечність швидкості руху / А. А. Кашканов, В. П. Кужель // Вісник СНУ ім. Володимира Даля. — 2008. — №7(125). Ч. 2. — С. 209-213.
4. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. — Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. — 320 с.

Стаття надійшла до редакції 09.10.09  
© Кашканов А.А., Кужель В.П., 2009