

А. А. Кашканов, В.П. Кужель

**ВПЛИВ ЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОВИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ НА ВИДИМІСТЬ ДОРОЖНІХ ОБ'ЄКТІВ ТА БЕЗПЕЧНІ ШВИДКОСТІ РУХУ**

Запропонована методика оцінки впливу ефективності світлових систем автомобілів на видимість дорожніх об'єктів та безпечні швидкості руху. Принципи побудови моделей на базі теорії нечітких множин були покладені в основу розробленої методики. Рис. 2, табл. 4, дж. 4.

**Вступ**

В темну пору доби скоюються близько 50% дорожньо-транспортних пригод (ДТП), для яких видимість має вирішальне значення [1]. В загальному випадку складність визначення видимості об'єктів і складність створення математичних моделей пояснюється тим, що при визначенні такого поняття як видимість, необхідно враховувати і пов'язувати між собою параметри, які характеризують: об'єкт розрізнення (кутовий розмір  $\delta$ , коефіцієнт відбиття світла  $\rho$ ), світлотехнічні параметри світлового приладу (силу світла  $I_{\alpha\beta}$ , кути розсіювання  $\alpha$  і  $\beta$ ), рівень зорового сприйняття водія (контраст об'єкта розрізнення з фоном  $K_{\text{фак}}$ , яскравість адаптації  $B_a$ , нерівномірність розподілення яскравості в полі зору  $\gamma$ ), засліплюючу дію джерел блискучості (яскравість вуалізуючої зависи  $\beta$  чи коефіцієнт засліпленості  $C$ ). В математичному вигляді це можна представити так:

$$S_g = f(\delta, \rho, I_{\alpha\beta}, \alpha, \beta, K_{\text{фак}}, B_a, \gamma, C). \quad (1)$$

Надзвичайно важко відобразити математичні зв'язки між всіма наведеними факторами впливу. Але постійно зростаюча кількість ДТП в темну пору доби пояснює актуальність даної проблеми і необхідність створення сучасних математичних моделей для оцінки дальності видимості, враховуючи найголовніші фактори впливу. Слід зазначити, що від точності визначення дальності видимості при експертизі ДТП залежить об'єктивність прийняття рішення про винність або не винність водія [2]. Отже, метою дослідження були розробка математичної моделі оцінки дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби, яка б дозволяла визначати її без проведення експериментів для формулювання висновку експерта-автотехніка, та перехід до рекомендованих безпечних швидкостей руху.

**Методика ідентифікації**

Запропонована модель оцінки дальності видимості була розроблена на основі методу ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань [3, 4]. Процес побудови моделі розподілявся на два етапи - структурна та параметрична ідентифікації. На першому етапі відбувалась побудова структури залежності дальності видимості від факторів впливу з застосуванням експертних правил «якщо-то», використовувався узагальнений елемент логічного висновку, який описує залежність  $y = f_y(x_1, x_2, \dots, x_n)$  між причинами  $x_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) та наслідком  $y$  у вигляді системи нечітких висловлювань [3]:

$$\begin{aligned} \text{ЯКЩО} & \bigcup_{p=1}^{k_j} \left[ \bigcap_{i=1}^n (x_i = X_i^{jp}) \right], \\ \text{ТО} & y = Y_j, \quad j = \overline{1, m} \end{aligned} \quad (2)$$

де  $Y_j$ ,  $X_i^{jp}$  – нечіткі терми для оцінки  $j$ -го рівня вихідної змінної  $y$  та вхідної змінної  $x_i$  в  $p$ -му рядку матриці знань, що відповідає терму  $Y_j$ , відповідно;  $m$  – кількість термів для оцінки змінної  $y$ ;  $p = \overline{1, k_j}$ ;  $k_j$  – кількість рядків, що відповідають терму  $Y_j$ ;  $\bigcup(\bigcap)$  – операція АБО(І).

Другий етап полягав в настройці моделі шляхом підбору таких параметрів форми функцій належності нечітких термів і ваг правил «якщо-то», які б забезпечували найбільшу наближеність модельних та експериментальних даних. Системі (2) відповідає такий взаємозв'язок функцій належності змінних  $y$  та  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  [3]:

$$\mu^{Y_j}(y) = \max_{p=1, k_j} \left[ a_{jp} \cdot \min_{i=1, n} \mu^{j_p}(x_i) \right], j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де  $a_{jp}$  – вага правила з номером  $jp$ ;  $\mu^{Y_j}(y)$  і  $\mu^{j_p}(x_i)$  – функції належності змінних  $y$  та  $x_i$  до термів  $Y_j$  і  $X_i^{j_p}$ , відповідно.

Функції належності змінної  $x$  до довільного нечіткого терму  $T = X_i^{j_p}$ , визначались за допомогою узагальненої моделі [4]:

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left( \frac{x-b}{c} \right)^2}, \quad (4)$$

де  $b$  і  $c$  – параметри настройки:  $b$  – координата максимуму функції,  $\mu^T(x)=1$ ;  $c$  – коефіцієнт концентрації-розтягування функції.

Перетворення нечіткого рішення (3), в чітку форму проводиться за принципом «центру ваги» [4]:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m \left[ \underline{y} + (j-1) \cdot \frac{\bar{y} - \underline{y}}{m-1} \right] \cdot \mu^{Y_j}(y)}{\sum_{j=1}^m \mu^{Y_j}(y)}, \quad (5)$$

де  $\underline{y}(\bar{y})$  – нижнє (верхнє) кількісне значення змінної  $y$ .

### Структурна ідентифікація

Структура запропонованої моделі представлена на рис. 1. Особливість моделі полягає в тому, що вона вперше поєднує конкретні фактори впливу на дальність видимості.

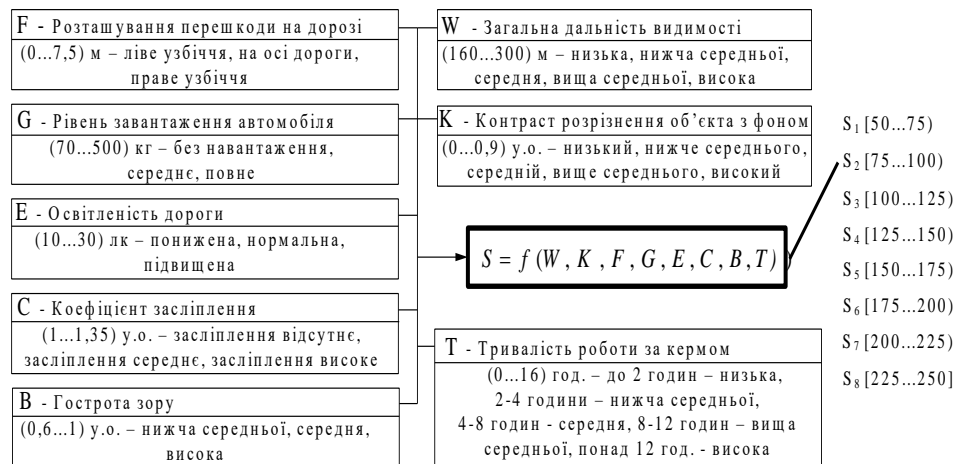


Рис. 1. Структура моделі визначення дальності видимості (фактори впливу, універсальна множина та терми для їх оцінок)

Всі фактори впливу розглядаються як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах. Фрагмент експертної матриці знань для оцінки дальності видимості в залежності від факторів впливу побудований за методикою [3] і поданий в табл. 1. Застосування цієї матриці знань та моделі нечіткого логічного висновку (3) - (5) дозволяє прогнозувати дальність видимості.

Таблиця 1

Фрагмент нечіткої бази знань

№ правила	W	K	F	G	E	C	B	T	S	Вага правила	№ правила	W	K	F	G	E	C	B	T	S	Вага правила
	W <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>			W <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	S <sub>5</sub>	
1	W <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>	1.000	17	W <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	S <sub>5</sub>	0.950
2	W <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>	0.975	18	W <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	S <sub>5</sub>	0.950
3	W <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>	0.950	19	W <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	S <sub>5</sub>	0.950
4	W <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	S <sub>1</sub>	1.000	20	W <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	S <sub>5</sub>	0.950
5	W <sub>1</sub>	K <sub>4</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	S <sub>2</sub>	1.000	21	W <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	S <sub>6</sub>	0.950
6	W <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	S <sub>2</sub>	0.975	22	W <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	S <sub>6</sub>	1.000
7	W <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	S <sub>2</sub>	0.975	23	W <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	S <sub>6</sub>	1.000
8	W <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	S <sub>2</sub>	0.950	24	W <sub>5</sub>	K <sub>5</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	S <sub>6</sub>	1.000

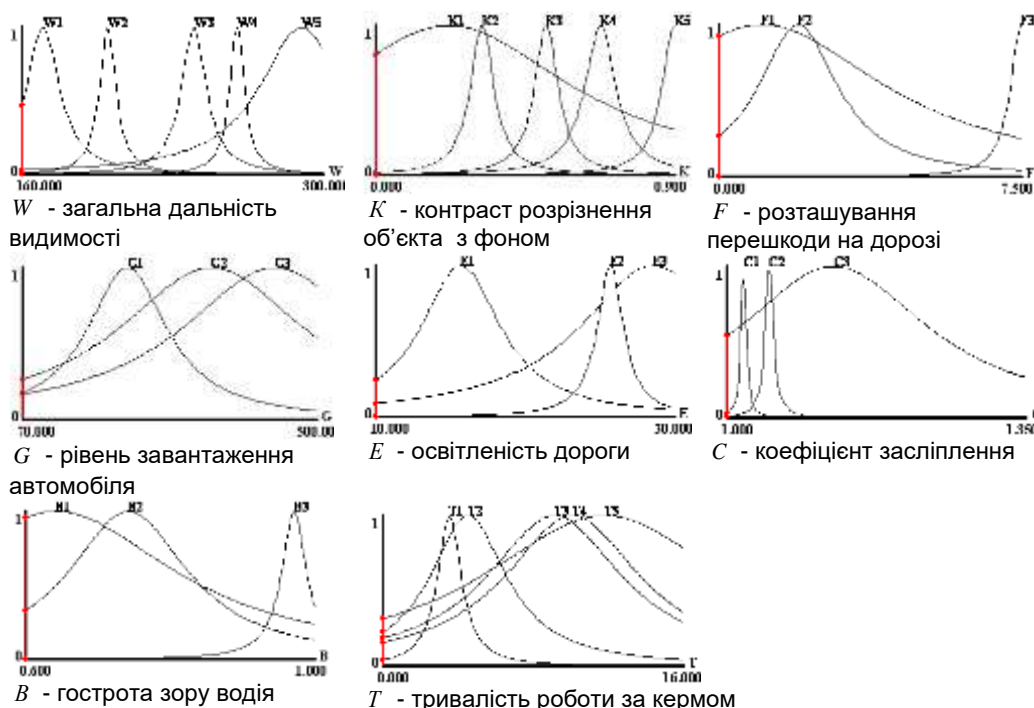


Рис. 2. Функції належності нечітких термів після настройки

Таблиця 2

Параметри функцій належності після настройки

Терм	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>4</sub>	W <sub>5</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>
b	169,94	200,0	240,0	260,0	289,96	0,22	0,32	0,51	0,67	0,9	1,07	1,97	7,49	223,48	346,43
c	9,32	4,62	7,0	4,13	23,81	0,45	0,043	0,043	0,056	0,044	3,75	1,19	0,32	71,32	166,56
Терм	G <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
b	438,5	15,71	25,71	28,57	1,02	1,049	1,125	0,64	0,74	0,97	3,56	4,56	9,14	10,11	11,79
c	166,62	3,25	1,067	5,95	0,0035	0,0057	0,135	0,2	0,1	0,021	0,76	2,48	4,4	4,4	8,0

Для отримання навчаючої вибірки проводились експерименти з автомобілями: Opel Astra – G; Chery Amulet; Daewoo Lanos, Sens; BA3– 1183, 11193, 2170, 2110, 2111, 2112, 2115, 2114, 2113, 21099, 21093; ЗА3–110307–42, 110207–40, 110557–51, під час яких фіксувались фактори впливу і дальність видимості. Налаштування моделі проводилась за методикою [4] з використанням пакету програм FUZZY EXPERT. Після налаштування отримані функції належності (рис. 2) нечітких термів, які використовуються в базі знань (табл. 2).

Таблиця 3

**Фрагмент порівняння експериментальних та розрахункових рішень**

W	K	F	G	E	C	B	T	S	
								експеримент	модель
248,	0,89	7,5	150	16	1	1	2	218	214,3
234	0,88	2,5	120	19	1	1	2,5	221	217,4
230	0,79	7,1	90	17	1	0,9	4	197	193,7
255	0,85	7,0	90	17	1	1	4	220	215,1
250	0,7	2	110	16	1	1	6	190	187,8

Зазначимо, що параметри центрів (b) і крутизни (c) налаштованих функцій належності зведені в табл. 2. Ваги нечітких правил, які отримані після налаштування, приведені в таблиці 1. Фрагмент порівняння модельних та експериментальних результатів оцінки дальності видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби, який поданий в табл. 3, свідчить про задовільну для практики автотехнічної експертизи адекватність отриманої моделі.

Таким чином, експериментальні дані з дальності видимості тест-об'єктів дозволяють прогнозувати безпечні швидкості руху автомобілів в темну пору доби, які визначаються з умови рівності відстані видимості шляхові зупинки автомобіля (табл. 4).

Таблиця 4

**Орієнтовні значення безпечних швидкостей руху автомобілів для розрізнення тест-об'єктів на дорозі в темну пору доби ("експ." – експеримент, "мод." - модель)**

Тест-об'єкти	Типи ламп в фарах та режим роботи фар											
	R2 ближнє світло		R2 дальнє світло		H7 ближнє світло				H1 дальнє світло			
	конкретна видимість		конкретна видимість		силуетна видимість		конкретна видимість		силуетна видимість		конкретна видимість	
	експ.	мод.	експ.	мод.	експ.	мод.	експ.	мод.	експ.	мод.	експ.	мод.
Пішохід у світлому одязі	60	58,7	96	94,8	97	95,9	84	84,2	160	161	145	146,4
Пішохід у темному одязі	45	44,1	77	77,6	68	68,3	55	54,8	120	119	105	103,8
Пішохід у одязі зі світло-відбиваючими елементами	-	-	-	-	76	75,1	64	65,3	128	130	118	118,5

**Висновки.** Розроблена математична модель на базі теорії нечітких множин, на відміну від відомої методики, дозволяє відмовитися від дорожнього експерименту, врахувати повну кількість доступних факторів впливу занесених в протоколи ДТП і звузити діапазон оцінок, що, в свою чергу, підвищує об'єктивність прийняття рішень. Задовільна збіжність модельних і експериментальних результатів (табл. 3) дозволяє рекомендувати отриману модель як альтернативу існуючій методиці. Отримані значення дальності видимості також дозволяють переходити до рекомендованих безпечних швидкостей руху.

**Література**

1. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. Л.: Лениздат, 1984. - 305с.
2. Галаса П.В. та інші. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод. - Київ: Експерт-сервіс, 1995.- 192с.
3. Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. - Винница: Континент-ПРИМ, 1996. - 132с.
4. Ротштейн О.П., Кательников Д.І. Идентификация нелинейных об'єктов нечеткими базами знань. //Вісник ВПІ.-1997.-№4.с.98-103.