

ОЦІНКА ДАЛЬНОСТІ ВИДИМОСТІ ДОРОЖНІХ ОБ'ЄКТІВ У ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ ПРИ ЕКСПЕРТИЗІ ДТП ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

**В.П. Кужель, аспірант,
Вінницький національний технічний університет**

***Анотація.** Запропоновано методику визначення дальності видимості дорожніх об'єктів при експертизі ДТП, які сталися в темну пору доби. В основу методики покладено принципи побудови моделей на базі теорії нечітких множин.*

***Ключові слова:** автомобіль, дальність видимості, ідентифікація нелінійних об'єктів, темна пора доби, експертиза ДТП.*

Вступ

У темну пору доби, коли безпечний режим руху визначається допустимою швидкістю руху, яку водій має обирати залежно від дальності видимості у відповідності з п. 12.2 Правил дорожнього руху України, 70 – 80 % часу автомобілі рухаються у вільному режимі (заміські дороги), тобто з ввімкненим дальнім світлом фар [1]. Також відомо, що біля 50 % ДТП (в темну пору доби до 90%) складають наїзди на пішоходів, які й були вибрані як основні об'єкти розрізнення в темну пору доби [2]. Задача оцінки дальності видимості виникає при проведенні автотехнічної експертизи ДТП. Від точності її визначення залежить об'єктивність прийняття рішення про винність або невинність водія. За існуючою методикою [2] дальність видимості визначають при проведенні дорожнього експерименту, який є трудомістким і потребує залучення фахівців.

Мета та постановка задачі

Метою дослідження, результати якого подаються в цій статті, була розробка математичної моделі оцінки дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби, яка б дозволяла визначати її без проведення дорожніх експериментів з достатньою точністю для формулювання висновку експерта-автотехніка.

Методика ідентифікації

Модель оцінки дальності видимості була розроблена на основі методу ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань [3, 4]. Побудова моделі виконувалась в два етапи – структурна і параметрична ідентифікації. На першому етапі була побудована структура залежності дальності видимості від факторів впливу із 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].

Якщо

$$\bigcup_{p=1}^{k_J} \bigcap_{i=1}^n (x_i = X_i^{jp}) \text{ щ } y$$

то

$$y = Y_j, \quad j = \overline{1, m}. \quad (1)$$

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 ;
 $U(\cap)$ – операція АБО(I).

На другому етапі проводилась настройка 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 (1) відповідає такий взаємозв'язок функцій належності змінних $\mathcal{Y}$ та x_i , $i = \overline{1, n}$ [3]

$$\mu^{Y_j}(y) = \max_{p=1, k_j} \mu^{j_p} \min_{i=1, n} \mu^{j_p}(x_i), \quad (2)$$

$$j = \overline{1, m},$$

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

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

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \frac{(x-b)^2}{c^2}}, \quad (3)$$

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

Перетворення нечіткого рішення (2) в чітку форму проводиться за принципом «центру ваги» [4]

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m \mu^{Y_j}(y) \cdot y_j}{\sum_{j=1}^m \mu^{Y_j}(y)}, \quad (4)$$

де y_j – нижнє (верхнє) кількісне значення змінної $\mathcal{Y}$.

Структурна ідентифікація

Структура запропонованої моделі представлена на рис. 2. Особливість моделі

полягає в тому, що вона вперше поєднує такі фактори впливу на дальність видимості, як W – загальна дальність видимості, м; F – розташування перешкоди на дорозі відносно осі руху автомобіля, м; C – коефіцієнт засліплення, у.о.; G – рівень завантаження автомобіля, кг; E – освітленість дороги, лк; T – тривалість роботи водія за кермом, год; K – контраст розрізнення об'єкта з фоном, у.о.; B – гострота зору водія, у.о.

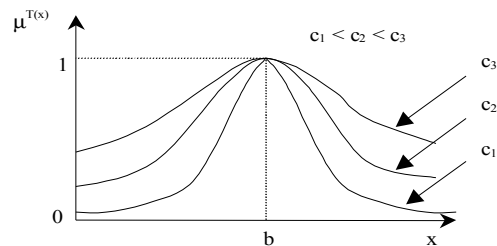


Рис. 1. Модель функцій належності

Рис. 2. Структура моделі визначення дальності видимості

Рис. 2. Структура моделі визначення дальності видимості

Всі фактори впливу, зведені в табл. 1, розглядаються як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах.

Таблиця 1 Фактори впливу як лінгвістичні змінні

Позначення і назва фактора	Універсальна множина	Терми для оцінок
W – загальна дальність видимості для дальнього світла фар	(160...300) м	низька W_1 нижча (н.) середньої W_2 середня W_3 вища (в.) середньої W_4 висока W_5
K – контраст розрізнення об'єкта з фоном	(0...0,9) у.о.	низький K_1 нижче середнього K_2 середній K_3 вище середнього K_4 високий K_5
		ліве узбіччя F_1

F – розташування	(0...7,5) м	на осі дороги	E_2
		праве узбіччя	F_3

Закінчення табл. 1

Позначення і назва фактора	Універсальна множина	Терми для оцінок
G – рівень завантаження автомобіля	(70... 500) кг	без навантаження G_1
		середнє G_2
		повне G_3
E – освітленість дороги	(10...30) лк	понижена E_1
		нормальна E_2
		підвищена E_3
C – коефіцієнт засліплення	(1...1,35) у.о.	засліплення відсутнє C_1
		засліплення середнє C_2
		засліплення високе C_3
B – гострота зору водія	(0,6...1) у.о.	нижча середньої B_1
		середня B_2
		висока B_3
T – тривалість роботи за кермом	(0...16) год	< 2 год. низька T_1
		2-4 год. н. середньої T_2
		4-8 год. середня T_3
		8-12 год. в середньої T_4
		>12 год. висока T_5

Експертна матриця знань для оцінки дальності видимості залежно від факторів впливу побудована за методикою [3] і подана в табл. 2. Застосування цієї матриці знань та моделі нечіткого логічного висновку (2) – (4) дозволяє прогнозувати дальність видимості.

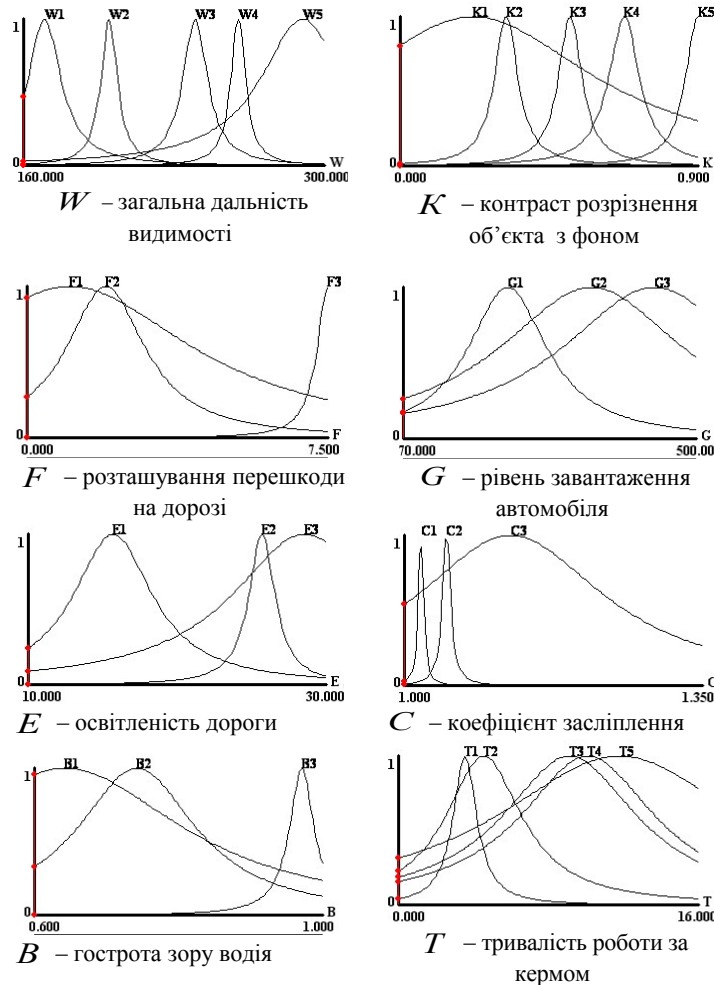
Параметрична ідентифікація

Настройка моделі проводилась за допомогою навчаючої вибірки, яка являє собою сукупність пар «фактори впливу – дальність видимості». Для отримання навчаючої вибірки проводилась серія спеціально спланованих натурних експериментів з автомобілями Opel Astra – G; Chery Amulet; Daewoo Lanos, Sens; BA3 – 11183, 11193, 2170, 2110, 2111, 2112, 2115, 2114, 2113, 21099, 21093; ЗАЗ – 110307 – 42, 110207 – 40, 110557 – 51, під час яких фіксувались фактори впливу (табл. 1) і вимірювалась відповідна дальність видимості. Знаючи величину дальності видимості і значення факторів впливу для кожного досліду, було отримано навчаючу вибірку. Настройка моделі проводилась за методикою [4] з використанням пакету програм FUZZY EXPERT, розробленого на кафедрі КСУ. В результаті настройки отримані функції належності (рис. 3) нечітких термів, які використовуються в базі знань (табл. 3).

Таблиця 2 Нечітка база 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
1	W_1	K_1	F	G	E_1	C_3	B_1	T_5	S_1	1,000	17	W_3	K_4	F	G_1	E_2	C_1	B_2	T_3	S_5	0,950
2	W_1	K_1	F	G	E_1	C_3	B_1	T_5		0,975	18	W_4	K_4	F	G_2	E_2	C_1	B_2	T_2		0,950
3	W_1	K_1	F	G	E_2	C_3	B_2	T_3		0,950	19	W_4	K_4	F	G_1	E_2	C_1	B_2	T_2		0,950
4	W_1	K_2	F	G	E_1	C_2	B_1	T_4		1,000	20	W_4	K_4	F	G_2	E_3	C_1	B_2	T_2		0,950
5	W_1	K_4	F	G	E_1	C_3	B_1	T_5	S_2	1,000	21	W_4	K_4	F	G_2	E_2	C_1	B_2	T_2	S_6	0,950
6	W_1	K_1	F	G	E_1	C_2	B_2	T_5		0,975	22	W_4	K_4	F	G_3	E_2	C_1	B_2	T_2		1,000
7	W_1	K_1	F	G	E_1	C_2	B_1	T_5		0,975	23	W_4	K_5	F	G_2	E_2	C_1	B_3	T_2		1,000
8	W_2	K_2	F	G	E_1	C_2	B_1	T_4		0,950	24	W_5	K_5	F	G_2	E_2	C_1	B_3	T_1		1,000
9	W_2	K_1	F	G	E_1	C_2	B_1	T_4	S_3	0,950	25	W_4	K_5	F	G_1	E_2	C_1	B_3	T_2	S_7	0,950
10	W_2	K_2	F	G	E_1	C_2	B_1	T_5		1,000	26	W_4	K_5	F	G_2	E_2	C_1	B_3	T_2		0,950
11	W_2	K_2	F	G	E_2	C_2	B_1	T_4		0,950	27	W_5	K_5	F	G_2	E_3	C_1	B_3	T_1		1,000

12	W_2	K_2	F_1	G_1	E_2	C_2	B_2	T_4		0,950	28	W_5	K_5	F_1	G_1	E_3	C_1	B_3	T_1		0,950
13	W_2	K_3	F_1	G_1	E_2	C_1	B_2	T_4		0,950	29	W_5	K_5	F_1	G_1	E_2	C_1	B_3	T_1		0,950
14	W_2	K_3	F_1	G_1	E_2	C_1	B_2	T_4	S_4	1,000	30	W_5	K_5	F_1	G_2	E_3	C_1	B_3	T_1	S_8	0,950
15	W_3	K_3	F_1	G_1	E_1	C_1	B_2	T_3		0,950	31	W_5	K_5	F_1	G_2	E_3	C_1	B_3	T_2		0,950
16	W_3	K_3	F_1	G_1	E_2	C_1	B_2	T_2		0,975	32	W_5	K_5	F_1	G_3	E_3	C_1	B_3	T_1		1,000



Таблиця 3 Параметри функцій належності після настройки

Терм	b	c	Терм	b	c
W_1	169,94	9,32	G_3	438,5	166,62
W_2	200,0	4,62	E_1	15,71	3,25
W_3	240,0	7,0	E_2	25,71	1,067
W_4	260,0	4,13	E_3	28,57	5,95
W_5	289,96	23,81	C_1	1,02	0,0035
K_1	0,22	0,45	C_2	1,049	0,0057
K_2	0,32	0,043	C_3	1,125	0,135
K_3	0,51	0,043	B_1	0,64	0,2
K_4	0,67	0,056	B_2	0,74	0,1
K_5	0,9	0,044	B_3	0,97	0,021
F_1	1,07	3,75	T_1	3,56	0,76
F_2	1,97	1,19	T_2	4,56	2,48
F_3	7,49	0,32	T_3	9,14	4,4
G_1	223,48	71,32	T_4	10,11	4,4
G_2	346,43	166,56	T_5	11,79	8,0

Рис. 3. Функції належності нечітких термів після настройки

Таблиця 4 Порівняння експериментальних та розрахункових рішень

W	K	F	G	E	C	B	T	S	
								експеримент	модель
248,5	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
224	0,9	7,5	240	22	1	1	2	203	199,6
250	0,82	7,1	170	17	1	1	1	218	211,5
210	0,9	6,9	175	15	1	1	1	152	147,4
230	0,85	7,4	90	21	1	0,9	1	179	183,4
220	0,35	6,8	80	19	1	1	2	112	108,9
240	0,65	7,4	220	17	1	1	1	166	155,8
248,7	0,1	7,5	150	16	1	1	2	108,7	110,3
249	0,45	7,1	120	17	1	1	1	145	146,2
250	0,3	7,5	140	16	1	1	2	110	107,2
220	0,6	7	90	18	1	1	14	125	129,6
210	0,7	6,9	80	16	1	0,9	9	130	134,4

205	0,5	6,4	100	17	1	1	2	113	115,5
170	0,85	5,3	80	19	1	1	2	104	100,3
240	0,65	5,6	100	14	1	0,8	10	127	131,2
260	0,3	4,8	80	16	1	0,8	7	112	116,8
220	0,35	1,8	80	16	1	0,8	10	87	88,4
200	0,6	2,2	90	17	1	0,6	9	84	78,1
190	0,8	3,8	140	16	1,05	0,6	14	62	76,3
184	0,5	4,8	100	16	1,05	0,7	10	68	71,9
190	0,4	4,8	120	17	1	0,8	8	80	79,0

Закінчення табл. 4

<i>W</i>	<i>K</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>E</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>S</i>	84,8
								експеримент	модель
180	0,5	2,5	80	15	1	1	2	82	79,7
198	0,4	7,1	80	17	1	0,7	1	79	74,8
180	0,9	7,2	106	17	1	1	1	94	96,3
180	0,5	3	80	15	1	1	5	86	86,9
195	0,2	3,8	80	18	1	0,8	2	62	68,4
185	0,8	2,4	100	18	1	1	11	75	77,1

Параметри центрів (*b*) і крутизни (*c*) настроєних функцій належності зведені в табл. 3. Ваги нечітких правил, які отримані після настройки, наведені в табл. 2. Порівняння модельних та експериментальних результатів оцінки дальності видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби, яке подане в табл. 4, свідчить про задовільну для практики автотехнічної експертизи адекватність отриманої моделі.

Висновки

Оцінка дальності видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби являється необхідним елементом проведення автотехнічної експертизи при розслідуванні ДТП, що сталися в цей період. Існуюча методика дозволяє визначити дальність видимості лише при проведенні дорожнього експерименту, який призводить до значних матеріальних затрат та до потреби залучення певної кількості висококваліфікованих спеціалістів. Запропонована модель, на відміну від відомої методики, дозволяє відмовитися від дорожнього експерименту, врахувати всі доступні фактори впливу,

занесені в протоколи, і звужити діапазон можливих оцінок, що, в свою чергу, підвищує об'єктивність прийняття рішень. Задовільна збіжність модельних і експериментальних результатів (табл. 4) дозволяє рекомендувати отриману модель як альтернативу існуючій методиці для застосування в практиці автотехнічної експертизи.

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. – 192 с.
3. Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. – Винница: Континент-ПРИМ, 1996. – 132 с.
4. Ротштейн О.П., Кательніков Д.І. Ідентифікація нелінійних об'єктів нечіткими базами знань. // Вісник ВПІ. – 1997. – №4. – С.98 – 103.

Рецензент: Є.В. Нагорний, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 14 лютого 2008 р.