

**В. П. КУЖЕЛЬ**, канд. техн. наук, ст. викладач ВНТУ

## **МЕТОДИКА НАЛАШТУВАННЯ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВИДИМОСТІ ДОРОЖНІХ ОБ'ЄКТІВ В ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ**

Пропонується методика для налаштування моделі визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби на основі отриманих експериментальних даних дальності видимості. Розраховано значення похибки між моделлю та експериментальними даними.

**Ключові слова:** видимість, темна пора доби, модель, експериментальні дані, налаштування, дорожній об'єкт, автомобіль.

**Вступ.** В темну пору доби безпечний режим руху визначається допустимою швидкістю руху, яку водій має обирати в залежності від дальності видимості у відповідності з п. 12.2 Правил дорожнього руху України. Також відомо, що біля 50% ДТП (в темну пору доби до 90%) складають наїзди на пішоходів, які й були вибрані в якості основних об'єктів розрізнення в темну пору доби [1,2].

Дослідженню особливостей світлорозподілу автомобільних фар присвячені праці ряду вчених, таких як Островський М.А., Чіколаєв В.Н., Тюрін В.А., Залуга В.П., Дьяков А.Б., Левітін К.М., Боровский Б.Є., Дашкевич Л.Л., Буняєв Н.І. Також дослідження проводяться компаніями, які спеціалізуються на розробках систем автомобільного освітлення – Hella, Bosch, Carello і автомобільними компаніями зі світовим ім'ям – Audi, Mercedes, BMW, Opel та ін.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** Аналіз опублікованих праць показує, що ефективність систем освітлення досліджується лабораторними методами і дорожніми експериментами. При цьому особлива увага приділяється дальності видимості елементів дорожньої обстановки і засліпленості водіїв зустрічними транспортними засобами, оскільки ці параметри є загальними показниками, які характеризують ефективність і безпеку, що забезпечують фари.

Також задача оцінки дальності видимості виникає при проведенні автотехнічної експертизи ДТП [2]. Від точності її визначення залежить об'єктивність прийняття рішення про винність або не винність водія.

За існуючою методикою безпосередньо на місці пригоди або за аналогічних умов визначених експертом (з метою врахування взаємозв'язку зовнішніх факторів впливу) проводиться натурний експеримент з визначення дальності видимості, який є надзвичайно трудомістким і потребує залучення висококваліфікованих фахівців та значних матеріальних ресурсів [1,2]. На сьогоднішній день відсутні математичні залежності та експертні програми визначення дальності видимості, які б дозволили уникнути натурального експерименту.

**Мета дослідження.** Отже, метою дослідження, результати якого подаються в цій статті, є покращення якості автотехнічної експертизи за рахунок налаштування математичної моделі оцінки дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби на основі експериментальних даних.

**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 [5]. На першому етапі була побудована структура залежності дальності видимості від факторів впливу з застосуванням експертних правил «якщо-то», використовувався узагальнений елементу 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]:

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

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  $Y_j$ ;  $\bigcup(\bigcap)$  – операція АБО(І).

На другому етапі проводилось налаштування моделі шляхом підбору таких параметрів форми функцій належності нечітких термів (рис. 1) і ваг правил «якщо-то», які б забезпечували найбільшу наближеність модельних та експериментальних даних.

Системі (1) відповідає взаємозв'язок функцій належності змінних  $y$  та  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  [3]:

$$\begin{aligned} \mu^{Y_j}(y) &= \max_{p=1, k_j} \left[ a_{jp} \cdot \min_{i=1, n} \mu^{X_i^{jp}}(x_i) \right], \\ j &= \overline{1, m} \end{aligned} \quad (2)$$

де  $a_{jp}$  – вага правила з номером  $jp$ ;

$\mu^{Y_j}(y)$  і  $\mu^{X_i^{jp}}(x_i)$  – функції належності змінних  $y$  та  $x_i$  до термів  $Y_j$  і  $X_i^{jp}$ .

Функції належності змінної  $x$  до довільного нечіткого терму  $T = X_i^{jp}$ , визначались за допомогою узагальненої моделі [4,5]:

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

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]:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m \left[ \underline{y} + (j-1) \cdot \frac{\bar{y} - \underline{y}}{m-1} \right] \cdot \mu^{Y_j}(y)}{\sum_{j=1}^m \mu^{Y_j}(y)}, \quad (4)$$

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

**Структурна ідентифікація.** Структура запропонованої моделі представлена на рис. 2. Особливість моделі, що налаштовується, 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. [5]. При відсутності кількісних значень факторів  $W, F, G, E, C, B, T$ , а також при визначенні величини показника  $K$  будемо використовувати принцип термометра. Суть цього принципу полягає в тому, що експертна оцінка того чи іншого показника здійснюється шляхом закреслення частини шкали, ліва та права границі якої відповідають найменшому та найбільшому рівням показника.

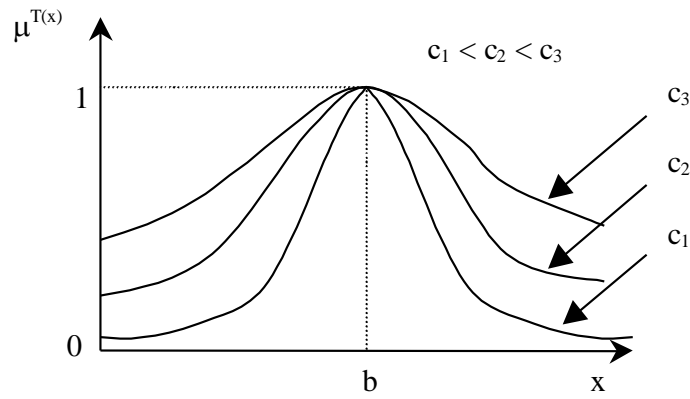


Рисунок 1 – Модель функцій належності

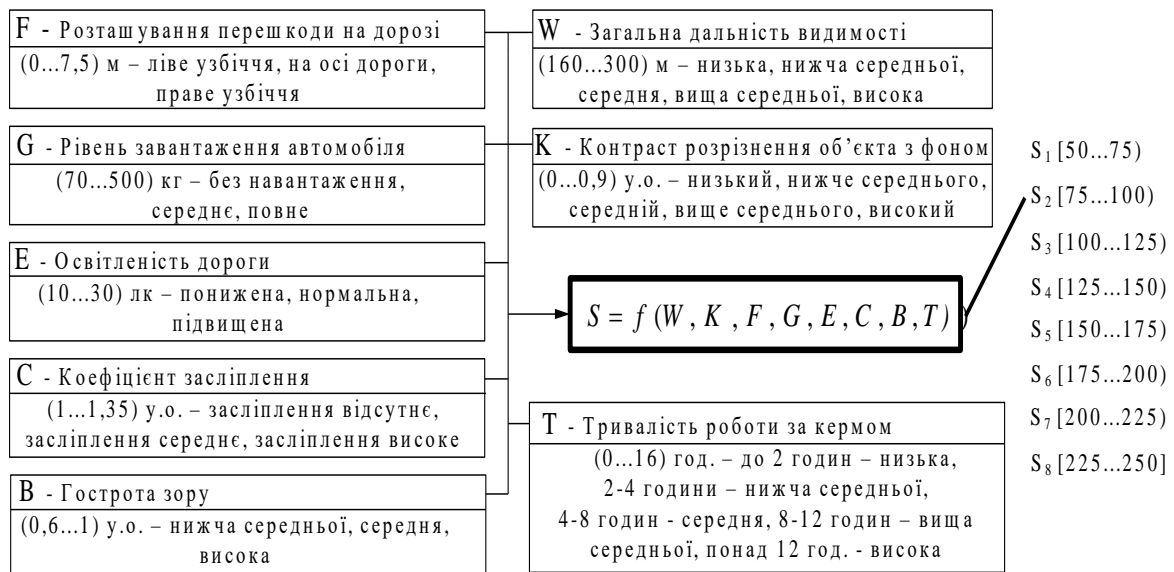
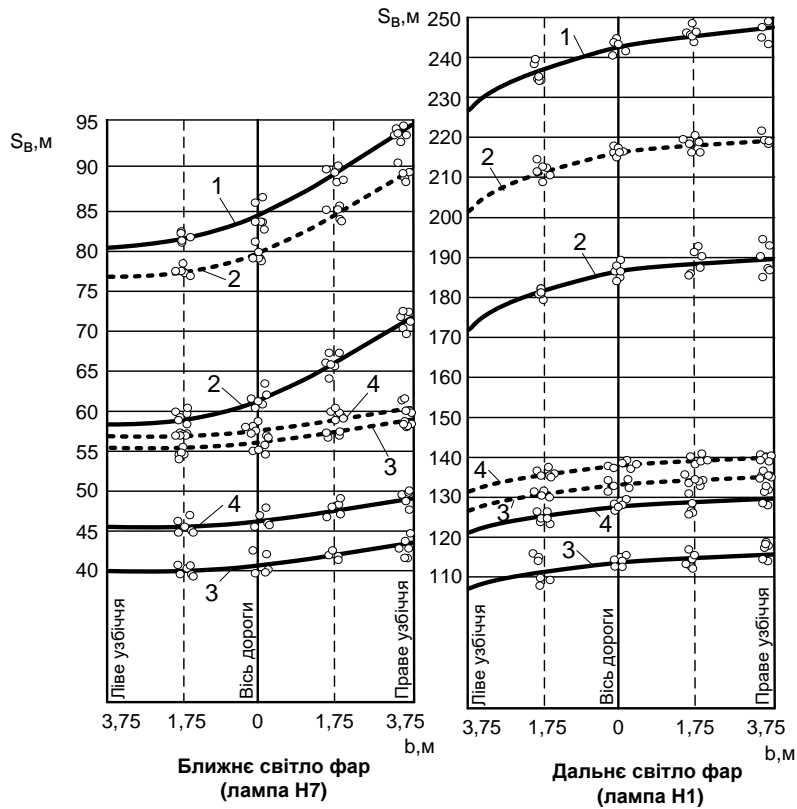


Рисунок 2 – Структура моделі визначення дальності видимості (фактори впливу, універсальна множина та терми для їх оцінок)

**Параметрична ідентифікація.** Налаштування моделі проводилась на основі експериментальних даних 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; ВАЗ – 11183, 11193, 2170, 2110, 2111, 2112, 2115, 2114, 2113, 21099, 21093; ЗАЗ – 110307 – 42, 110207 – 40, 110557 – 51, під час яких фіксувались фактори впливу (рис. 2) і вимірювалась відповідна дальність видимості. Знаючи величину дальності видимості і значення факторів впливу для кожного дослідження, було отримано навчаючу вибірку. Налаштування моделі проводилась за методикою [3, 4] з використанням пакету програм FUZZY EXPERT. В результаті налаштування отримані функції належності нечітких термів (табл. 1), які використовуються в базі знань. Для наочності наведемо результати дорожніх випробувань автомобіля Chery Amulet, а саме побудовану залежність дальності видимості від характеристик об'єкта розрізнення та його розташування на дорозі, яку представлено на рис. 3.

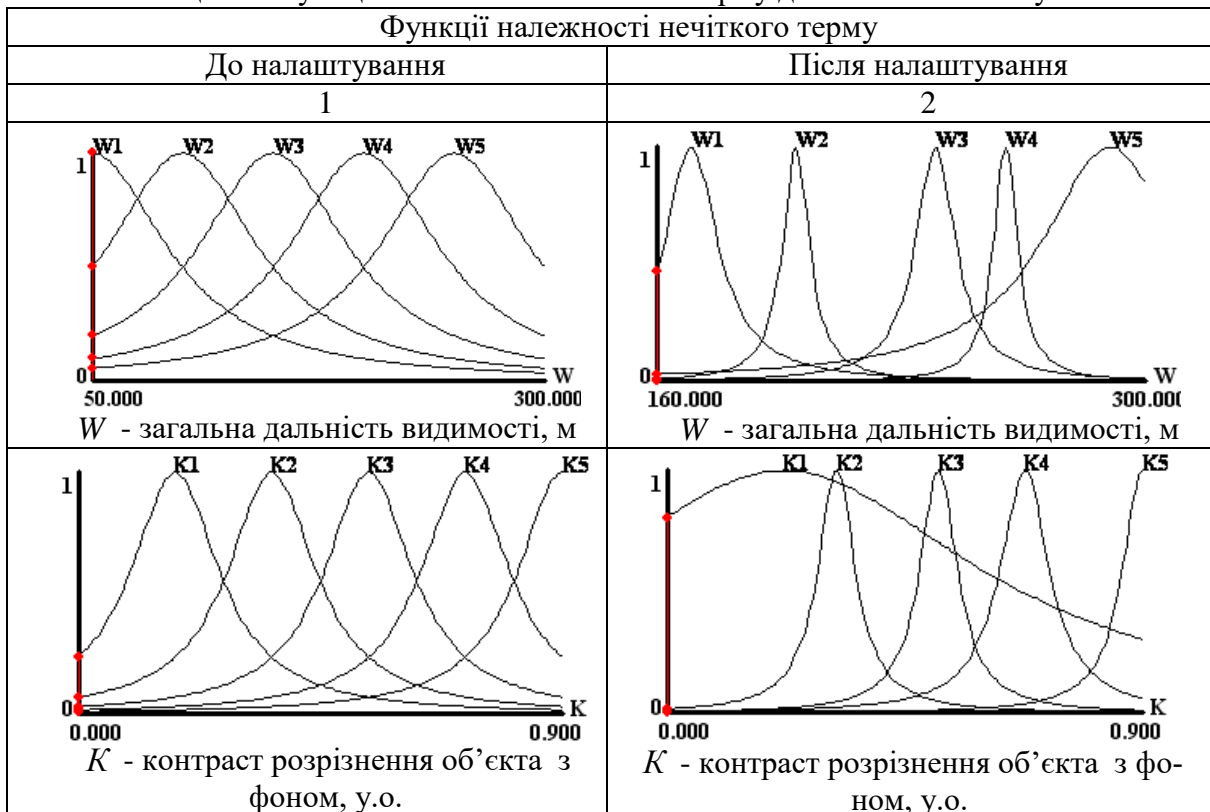
Всі фактори впливу розглядаються як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах. Фрагмент експертної матриці знань для оцінки дальності видимості в залежності від факторів впливу побудований за методикою [3,4]. Застосування цієї матриці знань та моделі нечіткого логічного висновку дозволяє прогнозувати дальність видимості.



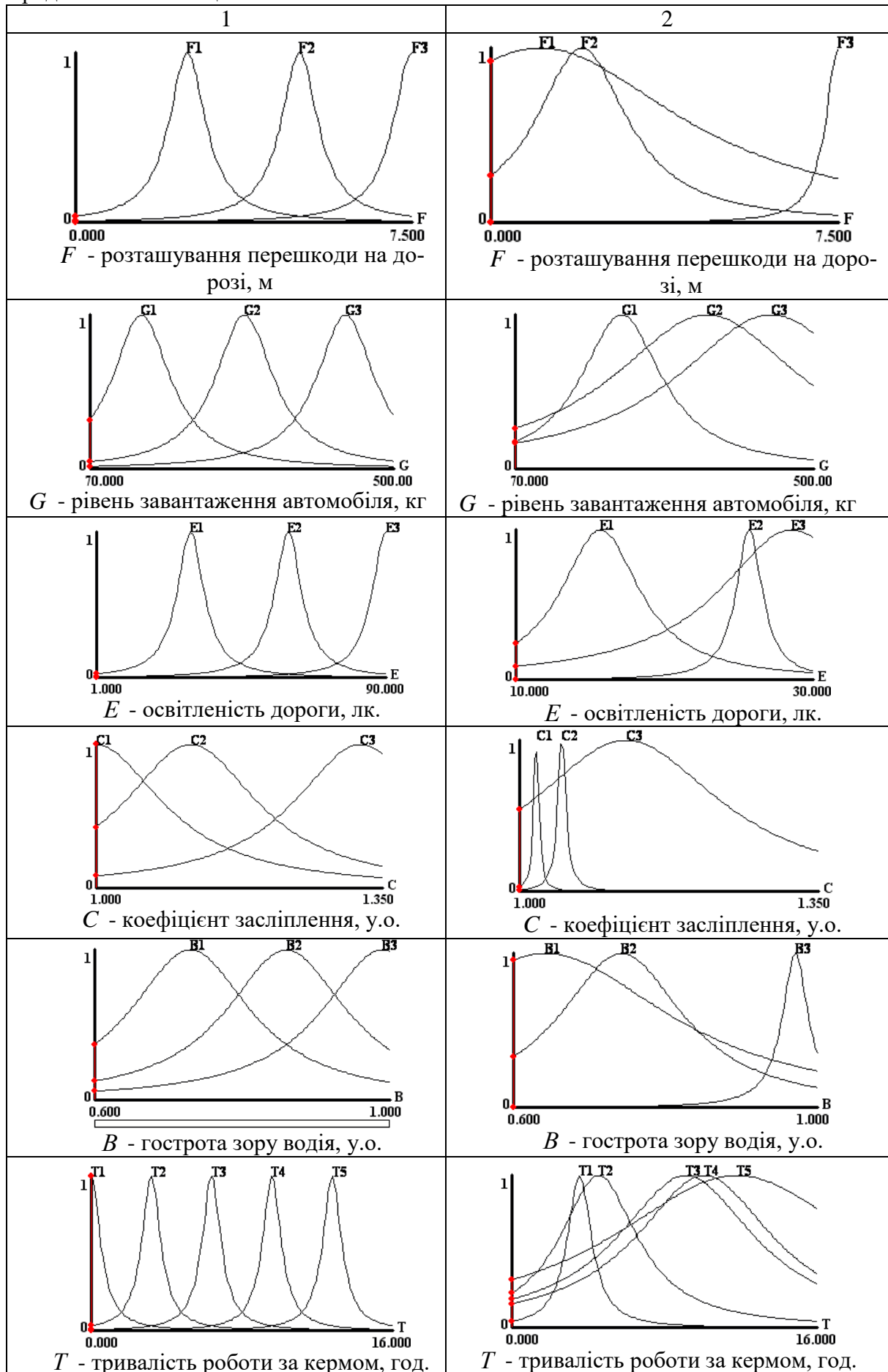
1 - світловідбивач (прозорість атмосфери); 2 - тест-об'єкт у світлому одязі; 3 - тест-об'єкт у темному одязі; 4 - тест-об'єкт у одязі зі світловідбиваючими елементами; ——— - дальність конкретної видимості; ..... - дальність силуетної видимості.

Рисунок 3 – Експериментальна залежність дальності видимості від характеристик об'єкта розрізнення для фар з лампами Н7, Н1 (Chery Amulet (A15))

Таблиця 1 – Функції належності нечіткого терму до та після налаштування  
Функції належності нечіткого терму



Продовження таблиці 1



Параметри центрів (b) і крутизни (c) налаштованих функцій належності зведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Параметри функцій належності після налаштування

Терм	W1	W2	W3	W4	W5	K1	K2	K3	K4	K5	F1	F2	F3	G1	G2
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	G3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	B1	B2	B3	T1	T2	T3	T4	T5
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

Фрагмент порівняння даних за налаштованою моделлю 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 налаштованої моделі визначення дальності видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби.

Таблиця 3 – Фрагмент порівняння експериментальних та розрахункових даних

W	K	F	G	E	C	B	T	S	
								експеримент	модель
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
240	0,65	5,6	100	14	1	0,8	10	127	131,2
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
185	0,8	2,4	100	18	1	1	11	75	77,1

**Висновки.** Налаштована 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 звужити діапазон оцінок, що, в свою чергу, підвищує об'єктивність прийняття рішень. Задовільна збіжність модельних і експериментальних результатів (похибка не перевищує 10,4 %) дозволяє рекомендувати налаштовану модель як альтернативу існуючій методиці.

**Список літератури:** 1. Боровский Б. Е. Безопасность движения автомобильного транспорта / Б. Е. Боровский. – Л.: Лениздат, 1984. – 305с. 2. Экспертный анализ дорожно-транспортных пригод. / П. В. Галаса, В. Б. Кисельов, А. С. Куйбіда [та інші]; за заг. ред. П. В. Галаса – К. : Эксперт-сервіс, 1995. – 192 с. 3. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации : нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница : Універсум. – 1999. – 320 с. 4. Ротштейн О. П. Идентификация нелинейных объектов нечеткими базами знаний / О. П. Ротштейн, Д. І. Кательніков // Вісник ВПІ. – 1997. – №4. с. 98–103. 5. Кузьель В. П. Оцінка дальності видимості дорожніх об'єктів у темну пору доби при експертизі ДТП за допомогою нечіткої логіки / В. П. Кузьель // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2008. – № 41. – С. 91–95.

Надійшла до редколегії 13.05.2013

УДК 656.052.5

**Методика настройки модели определения дальности видимости дорожных объектов в темное время суток / В. П. Кужель // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроение. – Х. : НТУ «ХПИ», 2013. – Библиогр.: 5 названий.**

Предлагается методика для настройки модели определения дальности видимости дорожных объектов в темное время суток на основе полученных экспериментальных данных дальности видимости. Рассчитано значения погрешности между моделью и экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** видимость, темное время суток, модель, экспериментальные данные, настройка, дорожный объект, автомобиль

A method is offered for tuning of road objects visibility distance determination model during the nighttime basis on the experimental data distance of visibility. The values of error are expected between a model and experimental information.

**Keywords:** visibility, nighttime, model, experimental information, tuning, road object, car