

УДК 656.052.5+656.057.87+343.983.2

В.П.Кужель, В.А.Кашканов

Вінницький національний технічний університет

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ АВТОТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ ДТП, ЯКІ СТАЛИСЯ В ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ

Проаналізовано проблеми проведення автотехнічних експертиз ДТП, а саме визначення дальності видимості дорожнього об'єкта в умовах неточності та невизначеності вихідних даних. Розглянуто основні принципи побудови та запропоновано розроблену комплексну програму для вдосконалення проведення автотехнічних експертиз ДТП, які сталися в темну пору доби.

Ключові слова: експертиза, дорожньо-транспортна пригода, модель, ідентифікація, дальність видимості, дорожній об'єкт, темна пора доби.

Вступ

Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) виникають внаслідок порушення нормального функціонування системи «водій – транспортний засіб – дорога – середовище руху». В темну пору доби безпечний режим руху визначається допустимою швидкістю руху, яку водій має обирати в залежності від дальності видимості. На цей період припадає чимала кількість всіх ДТП. За даними Управління Державної автомобільної Інспекції МВС України з загального числа ДТП біля 50 % пригод скоюються саме в темну пору доби [1]. Подібний розподіл ДТП має місце і за кордоном – в Англії та США, в Швеції, наприклад, третина усіх ДТП трапляється вночі і 21% з них відноситься до наїзду на пішоходів, в Швейцарії – наїзди на пішоходів уночі відбуваються в 9 разів частіше, ніж вдень. Характеристику ДТП на дорогах України за 2008-2009 рр. наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика ДТП на дорогах України з січня по серпень 2009 року
(в порівнянні з аналогічним періодом 2008 року, за даними Департаменту ДАІ України)

	2009 рік	2008 рік	Динамі
Всього ДТП	148893	203309	-26,8
В тому числі, ДТП з	23893	34508	-30,8
Кількість загиблих/травмованих	3236/299	5076/431	-36,2/-3

З таблиці слідує, що кількість ДТП в 2009 р. знизилась, але не зважаючи на це кількість пригод достатньо висока, тому дослідження причин, проведення експертиз ДТП є актуальними.

Основні причини великої кількості ДТП у темну пору доби – зниження дальності видимості, осліплення водіїв [1, 2]. Експертами при проведенні експертиз ДТП, що сталися в темну пору доби, визначається саме дальність видимості дорожніх об'єктів для виявлення правомірності вибору водієм швидкості руху за даних дорожніх умов, адже у відповідності з п. 12.2. Правил дорожнього руху (ПДР), в темну пору доби і в умовах недостатньої видимості швидкість руху повинна бути такою, щоб водій мав можливість зупинити транспортний засіб в межах відстані видимості дороги.

Аналіз публікацій

Зі спеціальної літератури [1–3] відомо, що одним з ключових технічних питань, яке ставиться перед експертом при експертизі ДТП, є питання про наявність у водія технічної можливості запобігти ДТП гальмуванням. Якщо розрахунки покажуть, що у водія була можливість зупинити автомобіль до місця ДТП, то постає питання, чому водій не скористався такою можливістю і не запобіг ДТП. При відсутності факторів об'єктивного і суб'єктивного порядку, які могли б завдати водію вчасно загальмувати в даній ситуації, наявність технічної можливості запобігти ДТП стає доказом порушення водієм ПДР.

Вчасне прийняття водієм заходів щодо гальмування навіть за умов відсутності технічної можливості запобігання ДТП може засвідчувати, що водій прийняв необхідні міри, але в потрібний момент не міг запобігти пригоді. Вибір методики вирішення цього питання залежить від обставин пригоди, вихідних матеріалів діла. Розслідування ДТП, які сталися в темну пору доби включає в себе вирішення наступних головних питань [1, 2]: 1) Чи відповідала вибрана водієм швидкість руху автомобіля відстані видимості дороги; 2) Чи мав водій автомобіля технічну можливість запобігти

ДТП в момент виникнення небезпеки (перешкоди) для руху; 3) В випадку перевищення водієм швидкості, що визначається за дальністю видимості дороги, чи знаходиться дане перевищення в причинному зв'язку з фактом даного ДТП? Для знаходження відповідей на поставлені запитання необхідно знати: дальність видимості дороги чи відстань загальної видимості, дальність видимості перешкоди чи відстань конкретної видимості. Дані величини визначаються експериментально.

На жаль, на сьогоднішній день відсутні математичні залежності та експертні програми для визначення дальності видимості, які б дозволили уникнути натурного експерименту

Саме тому, одним з перспективних напрямків удосконалення проведення автотехнічних експертиз пов'язаний з використанням електронно-обчислювальних машин. Мета його полягає в автоматизації експертних досліджень, тобто в виконанні їх на певних етапах без участі експертів.

Значення автоматизації експертних досліджень визначається тим, що на її основі забезпечується стабільна й висока якість автотехнічних експертиз, підвищується продуктивність праці експертів, суттєво скорочуються строки виконання експертиз [2].

Мета роботи полягає в вдосконаленні проведення автотехнічних експертиз ДТП, підвищенні їх точності за рахунок автоматизації визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби. Для цього слід розробити автоматизовану комплексну програму для визначення дальності видимості об'єктів на дорозі при розслідуванні механізму ДТП в цей період.

Застосування методу ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань

За існуючими методиками [1–3] дорожній експеримент з визначення дальності видимості проводиться безпосередньо на місці пригоди або за аналогічних умов визначених експертом (з метою врахування взаємозв'язку зовнішніх факторів впливу), який є надзвичайно трудомістким і потребує залучення висококваліфікованих фахівців та значних матеріальних ресурсів. [4].

Процес визначення дальності видимості об'єкту при проведенні автотехнічних експертиз ДТП, які сталися в темну пору доби можна розглядати як задачі ідентифікації в умовах невизначеності та неточності вихідних даних, щої мають наступні властивості: 1) для прийняття рішення необхідно встановити залежність між вхідними та вихідними змінними; 2) вихідна змінна асоціюється з об'єктом ідентифікації; 3) вхідні змінні асоціюються з факторами впливу на об'єкт ідентифікації; 4) вихідна і вхідні змінні можуть мати кількісні і якісні оцінки; 5) структура взаємозв'язку між вихідною і вхідними змінними описується правилами ЯКЦО «вхідні змінні», ТО «вихід», які використовують якісні оцінки змінних і являють собою нечіткі бази знань [5. 6].

Принципи побудови комплексної програми для ідентифікації дальності видимості

1. Принцип лінгвістичності вхідних і вихідних змінних - рішення (вихідна змінна) та фактори впливу на нього (вхідні змінні) варто розглядати як лінгвістичні змінні з якісними термами («терм» – від англ. «term» – називати).

Лінгвістична змінна [5] – це змінна, значенням якої є слова або речення природної мови, тобто якісні терми. Приклади лінгвістичних змінних та їх термів (вони наводяться праворуч в дужках):

ДАЛЬНІСТЬ ВИДИМОСТІ {дуже низька, низька, нижче середньої, середня, вище середньої, висока, дуже висока};

ВИД ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ {асфальт, асфальтобетон, бруківка, щебінь, пісок, ґрунтова дорога};

СТАН ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ {сухий, вологий, покритий гряззю, покритий снігом}.

Отже, при використанні поняття функції належності, кожний з лінгвістичних термів можна формалізувати у вигляді нечіткої множини, яка задана на відповідній універсальній множині.

2. Принцип формування структури залежності «вхід-вихід» у вигляді нечіткої бази знань. Нечітка база знань (табл. 2) – це сукупність правил ЯКЦО «входи», ТО «вихід», які відтворюють досвід експерту і його розуміння причинно-наслідкових зв'язків в задачі прийняття рішення, яка розглядається. Приклад експертного правила «ЯКЦО–ТО» при визначенні дальності видимості.

ЯКЦО прозорість атмосфери = висока І стан і тип дорожнього покриття = сухий асфальт І колір об'єкта розрізнення = світлий І освітленість дороги автомобільними фарами = висока І режим роботи фар = дальнє світло І засліплення водія фарами зустрічних автомобілів = відсутнє, ТО дальність видимості об'єкту = дуже висока.

Особливість таких правил в тому, що їх адекватність не змінюється при незначних коливаннях умов експерименту. Формування нечіткої бази знань є аналогом етапу структурної ідентифікації – будується груба модель об'єкту з параметрами, які потребують налаштування.

3. Принцип ієрархічності баз знань. За мови великого числа факторів впливу побудова системи висловлювань про причино-наслідкові зв'язки «фактори впливу (причини) - наслідок» стає

занадто важкою. Це пояснюється тим, що в оперативній пам'яті людини одночасно може утримуватись не більше 7 ± 2 понять ознак [5]. Тобто, у зв'язку з цим доцільно провести класифікацію вхідних параметрів і згідно неї побудувати дерево висновку, яке визначає систему вкладених один в одного висловлювань-знань меншої розмірності.

За допомогою принципу ієрархічності можна врахувати практично необмежену кількість факторів, що впливають на рішення, які необхідно прийняти. Також залишається в силі правило, що при побудові дерева висновку необхідно намагатися зробити так, щоб число аргументів (вхідних стрілок) в кожній постановці (вузлі дерева висновку) задовольняло правилу 7 ± 2 [5, 6].

4. Принцип термометра в оцінці якісних змінних – експертна оцінка того чи іншого показника здійснюється шляхом закреслення частини шкали (рис. 1), ліва та права границі якої відповідають найменшому та найбільшому рівням показника. Принцип термометра зручно застосовувати в тих випадках, коли експерт не в змозі оцінити деяку змінну ні числом, ні якісним термом, а лише інтуїтивно відчуває її рівень. Зручність такого підходу полягає в тому, що він дозволяє розглядати різні за своєю природою лінгвістичні змінні на єдиній універсальній множині.



Рис. 1. Оцінка параметра за принципом термометра

5. Принцип двоетапного налаштування нечітких баз знань. Ці два етапи відповідають відомим в класичній теорії етапам – структурна та параметрична ідентифікація. Перший етап полягає в розробці лише грубої моделі об'єкту на підставі доступної експертної інформації, яка задається у вигляді нечітких правил «ЯКЩО–ТОДІ». В свою чергу, на другому етапі відбувається оптимізація нечіткої моделі за допомогою навчаючої вибірки, тобто експериментальних даних «входи-вихід». Керованими змінними, що підлягають налаштуванню, являються: а) форма функцій належності; б) коефіцієнти вагомості нечітких правил (див. рис. 3а).

Таким чином, на першому етапі будується структура залежності дальності видимості від факторів впливу (1), із застосуванням експертних правил «ЯКЩО–ТО».

Отже, елемент логічного висновку описує залежність між причинами x_i і наслідком y у вигляді системи логічних висловлювань (бази знань) (табл. 2):

Таблиця 2

Фрагмент нечіткої бази знань, з вагами правил до налаштування

№ правила	W	K	F	G	E	C	B	T	S	Вага правила
1	W_1	K_1	F_1	G_1	E_1	C_3	B_1	T_5	S_1	1.000
2	W_1	K_1	F_3	G_1	E_1	C_3	B_1	T_5		1.000
3	W_1	K_1	F_3	G_1	E_2	C_3	B_2	T_5		1.000
4	W_1	K_2	F_2	G_2	E_1	C_2	B_1	T_4		1.000

$$\begin{aligned}
 \beta \hat{E} \hat{U} \hat{I} & \left[(x_1 = X_1^{j1})^2 (x_2 = X_2^{j1})^2 \dots (x_n = X_n^{j1}) \right] \quad (\zeta \hat{a} \hat{a} \hat{a} \hat{p} a_{j1}) \\
 \hat{A} \hat{A} \hat{I} & \left[(x_1 = X_1^{j2})^2 (x_2 = X_2^{j2})^2 \dots (x_n = X_n^{j2}) \right] \quad (\zeta \hat{a} \hat{a} \hat{a} \hat{p} a_{j2}) \dots \\
 \hat{A} \hat{A} \hat{I} & \left[(x_1 = X_1^{jk_j})^2 (x_2 = X_2^{jk_j})^2 \dots (x_n = X_n^{jk_j}) \right] \quad (\zeta \hat{a} \hat{a} \hat{a} \hat{p} a_{jk_j}), \\
 \hat{O} & \quad \hat{o} = Y_j, \quad j = \overline{1, m},
 \end{aligned} \tag{1}$$

де Y_j – нечіткий терм для оцінки j -го рівня вихідної змінної y ; m – кількість термів для оцінки змінної y ; X_i^{jp} – нечіткий терм для оцінки вхідної змінної x_i в p -му ряду матриці знань, що відповідає терму Y_j , $p = \overline{1, k_j}$; K_j – кількість рядків, які відповідають терму Y_j ; a_{jp} – вага експертного правила з номером jp .

Визначимо функції належності змінної x до довільного нечіткого терму T :

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

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

Враховуючи, що операціям $\wedge(\vee)$ у теорії нечітких множин відповідають операції $\min(\max)$, із функції належності (1) отримаємо:

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

Зазначимо, що перетворення нечіткого рішення (3), у чітку форму (дефазифікація) відбувається за принципом «центру ваги» [5, 6]:

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

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

Розробка комплексної програми

Для вирішення вищезазгаданих проблем на основі методу ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань [3, 4] була розроблена комплексна експертна програма для визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в світлі автомобільних фар. Процес побудови програми розподілявся на два етапи – структурна та параметрична ідентифікації. Для проведення структурної ідентифікації була розроблена схема залежності дальності видимості від факторів впливу, структурна схема якісних і кількісних показників впливу на дальність видимості. На етапі параметричної ідентифікації були обрані найвагоміші фактори впливу на дальність видимості, які характеризують водія: B – гострота зору; T – тривалість роботи за кермом; C – коефіцієнт засліплення; автомобіль: G – рівень завантаження; E – освітленість дороги; дорогу, середовище: W – прозорість атмосфери; F – розташування перешкоди на дорозі; K – контраст об'єкта розрізнення з фоном, та терми для їх оцінок (рис. 2); була розроблена нечітка база знань, визначені параметри функцій належності після налаштування.

В свою чергу, структуру експертної програми для визначення дальності видимості можна подати у вигляді дерева, висячими вершинами якого є фактори впливу (рис. 2). Центральним вузлом на структурі моделі зображена залежність виду $S = f(W, K, F, G, E, \tilde{N}, B, T)$.

Для побудови експертної бази знань для визначення дальності видимості в залежності від факторів впливу у відповідності з даною методикою (рис. 3) [5], необхідно подати залежність (1) у вигляді лінгвістичних висловлювань типу ЯКЩО – ТО, які використовують операції І – АБО за допомогою введених терм-оцінок змінних (рис. 2). Було прийнято по чотири правила на діапазон, оскільки більша кількість правил може призвести до розмиття найбільш характерних взаємозв'язків між факторами впливу і рішеннями, загальна кількість правил – 32 правила, оскільки практичний діапазон зміни величини дальності видимості в темну пору доби при освітленні автомобільними фарами знаходиться в інтервалі 50...250 м, то розіб'ємо цей інтервал на 8 рівних підінтервалів.

Перелічені рівні $S_1 \div S_8$ будемо вважати типами рішень, які необхідно розпізнати (рис. 2).

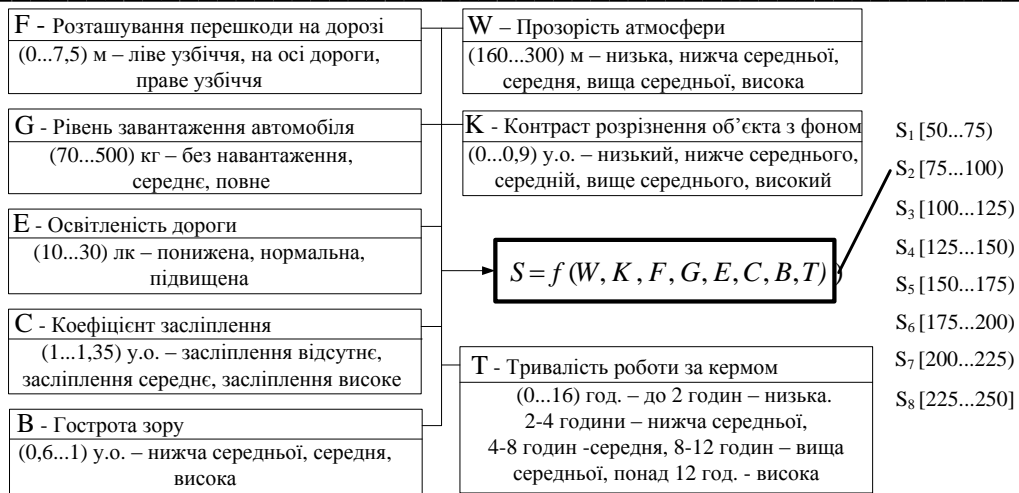


Рис. 2. Структура програми для визначення дальності видимості (фактори впливу, універсальна множина та терми для їх оцінок)

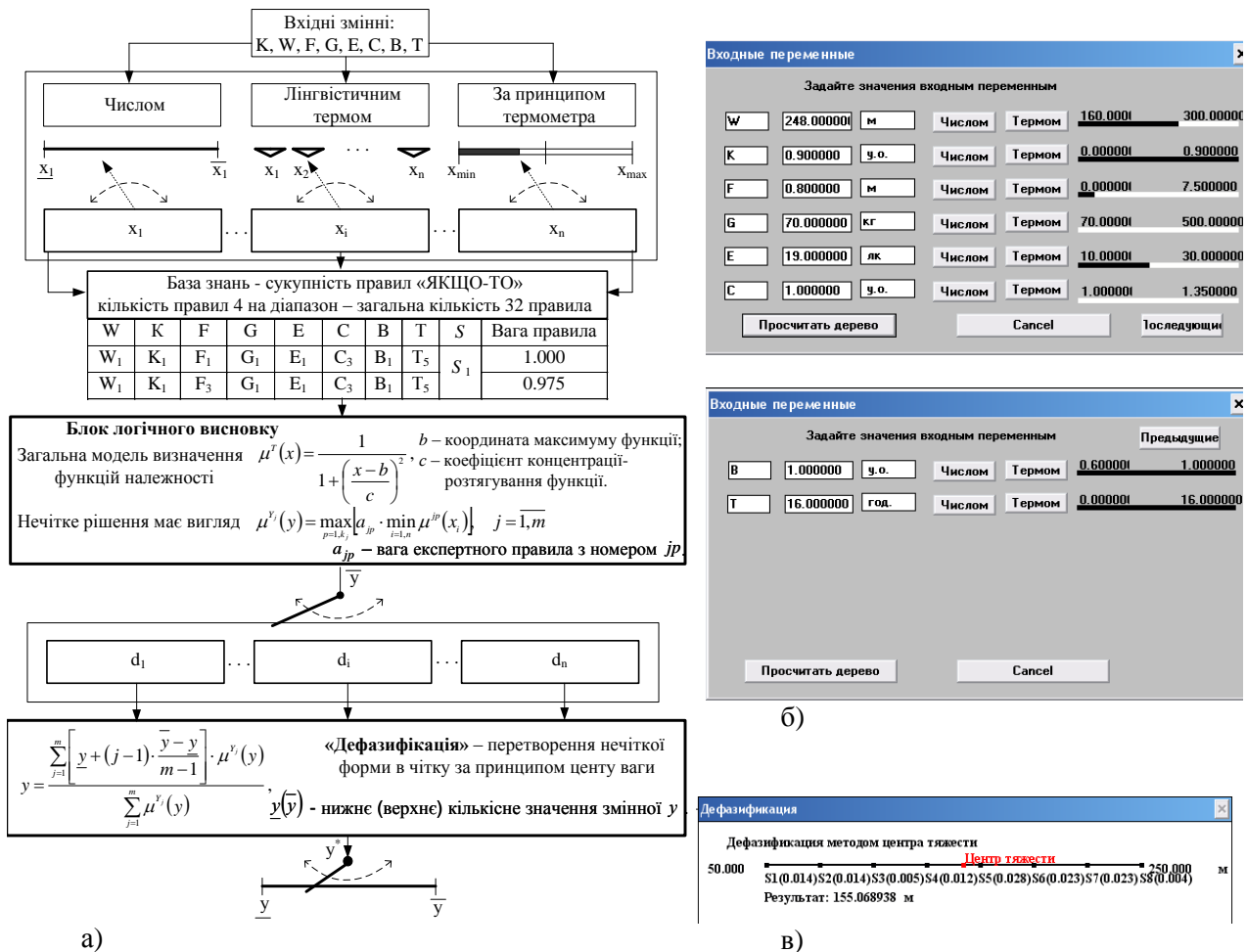


Рис. 3. Блок схема апроксимації визначення дальності видимості (а) та її реалізація у вигляді комплексної програми (б, в): б – форма для введення вихідних даних; в – форма перетворення нечіткої інформації в чітку за принципом «центру ваги» – дефазифікація (в даному випадку дальність видимості складає 155 м).

На основі вищевикладеного розроблена та налаштована експертна програма для визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в умовах неточності та невизначеності вихідних даних, що

була створена з використанням пакету програм Fuzzy Expert [5], діалогові вікна якої наведені на рисунку 3. Вихідні дані можуть задаватися числом, термом або за принципом "термометра" (рис. 1) [4-6], коли експерт не в змозі оцінити змінну ні числом, ні якісним термом, а лише інтуїтивно відчуває її рівень (рис 3б). Для можливості внесення даних в форми експертної програми рекомендується удосконалити існуючі протоколи огляду місця ДТП, а саме додати в них строки з факторами впливу на дальність видимості та можливим діапазоном їх зміни (рис. 2), при відсутності кількісних значень фактора є можливість якісно описати його словами, реченнями і т.д.

Програма дає змогу визначати числові значення дальності видимості дорожнього об'єкту за конкретних умов дорожньої обстановки без проведення дорожнього експерименту на місці ДТП.

Таким чином, задача визначення дальності видимості полягає в тому, щоб для кожної комбінації значень параметрів (факторів) поставити у відповідність одне з рішень S_j , $j = \overline{1,8}$ (рис 3а), а потім дефазифікувати його, тобто перетворити в числову форму (рис 3в). Перевірка адекватності розробленої експертної програми показала похибку, яка не перевищує 10,2%.

Таблиця 3

Фрагмент порівняння даних дорожніх експериментів та результатів розрахунку програми

W	K	F	G	E	C	B	T	S	
								експ.	розрах.
280	0,7	7,5	167	18	1	1	1	228	234,2
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
230	0,8	7,3	88	17	1	0,9	7	202	204,6
230	0,5	7,2	87	16	1	0,9	3	164	172,6

Висновки

1. Запропонована комплексна програма дозволяє удосконалити проведення автотехнічних експертиз за рахунок автоматизації визначення дальності видимості з можливістю використання нечіткої експертної інформації, що зменшує час, який витрачається експертом-автотехніком для поглибленого аналізу пригоди, допиту учасників пригоди та очевидців, а також для проведення натурного слідчого експерименту з залученням фахівців у сфері автотехнічної експертизи для одноособових чи комплексних експертиз на 80 %. Похибка комплексної програми в 10,2 % є задовільною для практичних розрахунків та визначення такого параметра як дальність видимості.

2. Застосування розробленої комплексної програми також дасть змогу покращити якість проведення автотехнічних експертиз ДТП, що сталися в темну пору, за рахунок підвищення об'єктивності прийняття рішення експертом, суттєво зменшити матеріальні та людські затрати на проведення експертизи, а саме дорожнього експерименту на місці ДТП або за аналогічних умов.

1. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод / [Галаса П. В., Кисельов В. Б., Куйбіда А. С. та інші.]. – Київ: Експерт-сервіс, 1995. – 192 с.
2. Суворов Ю. Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП : Учеб. пособие / Ю. Б. Суворов. – М.: Экзамен, Право и закон, 2003. – 208 с.
3. Использование специальных познаний в расследовании дорожно-транспортных происшествий / [Кривицкий А. М., Шапоров Ю. И., Фальковский В. В. и др.] : под общ. ред. : канд. техн. наук Кривицкого А. М. и канд. юрид. наук Шапорова Ю. И. – Мн. : Харвест, 2004. – 128 с.
4. 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.
5. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница: «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 1999. – 320 с – ISBN 966-7199-49-5.
6. Ротштейн О. П. Ідентифікація нелінійних об'єктів нечіткими базами знань / О. П. Ротштейн, Д. І. Кательніков // Вісник ВПІ. – 1997. – №4. – С.98–103