

УДК 656.084

МЕТОДИКА ЗМЕНШЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДОВІДКОВИХ ТА РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ В ЗАДАЧАХ АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Кашканов А.А.

METHODS OF VAGUENESS DIMINISHING OF CERTIFICATE AND CALCULATION PARAMETERS IN THE TASKS OF MOTOR-VEHICLE EXAMINATION OF TRAFFIC ACCIDENTS

Kashkanov A.

Розглянуто питання невизначеності довідкових та розрахункових параметрів при проведенні експертиз дорожньо-транспортних пригод та її вплив на інтерпретацію аналітичних результатів досліджень і розрахунків. Запропоновано методику зменшення невизначеності, яка виникає під час розв'язування типових задач автотехнічної експертизи, що базується на використанні системи узагальнюючих функцій, побудованих на основі аксіом теорії ймовірностей, нечіткої логіки та обробки числових даних.

Ключові слова: система водій – автомобіль – дорога, невизначеність даних, експертиза дорожньо-транспортних пригод.

Постановка проблеми. За даними Центру безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем Департаменту ДАІ МВС України, на дорогах країни в дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) гине 5 тис. людей та 38 тис. людей отримує травми різного ступеня важкості [1].

Основними причинами виникнення ДТП на автомобільних дорогах України є недотримання водіями і пішоходами Правил дорожнього руху (ПДР) – перевищення швидкості, порушення правил обгону, маневрування, керування транспортними засобами в нетверезому стані, перехід пішоходом проїзної частини у невідновленому місці; помилки водія в керуванні автотранспортними засобами (АТЗ) – недотримання безпечної дистанції та ігнорування вимог технічних засобів організації дорожнього руху (дорожніх знаків, розмітки тощо); зниження працездатності водія; порушення правил експлуатації АТЗ та їхній незадовільний технічний стан; поганий стан та утримання дорожнього покриття; незадовільна організація дорожнього руху.

За скоєння ДТП передбачена адміністративна чи кримінальна відповідальність згідно з чинним законодавством України. При цьому вирішальне зна-

чення у встановленні об'єктивної та суб'єктивної сторін пригоди, визначенні винності чи невинності водія АТЗ можуть мати висновки експерта-автотехніка.

ДТП можна охарактеризувати як “розлагодження” взаємодії системи водій – автомобіль – дорога. Як правило, пригоди розвиваються за декілька секунд, а інколи за долі секунди. Більшість ДТП викликається не однією, а декількома причинами [2]. Це в значній мірі ускладнює їх аналіз, який повинен виявити умови, що сприяли пригоді, та визначити дії її учасників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна судова автотехнічна експертиза (САТЕ) є експертним дослідженням, що проводиться з метою встановлення механізму і обставин ДТП з врахуванням показників технічного стану АТЗ, якості та параметрів дороги, психофізіологічних характеристик її учасників та інших факторів [3].

Проведення САТЕ, як правило, пов'язано з розрахунками, для яких експерт в якості вихідних даних використовує результати тих чи інших вимірів, наданих йому слідчим або судом, а також типові довідкові дані – параметри і коефіцієнти, числові значення яких вибираються експертом самостійно зі спеціальної науково-технічної і довідкової літератури у відповідності з характером та умовами скоєння ДТП [4]. В перелік таких характеристик і параметрів входять параметри, які характеризують ефективність гальмування АТЗ (час запізнення спрацювання гальмової системи, час наростання сповільнення, усталене сповільнення), час реакції водія; показники якості і стану дорожнього покриття, коефіцієнт зчеплення шин з дорогою, відомості про швидкість руху пішоходів, ухили та радіуси повороту дороги та ін.

Для проведення САТЕ експерту достатньо розрахувати ті чи інші параметри за відомими з теорії експлуатаційних властивостей автомобіля формулами. Проте отримати надійні і достовірні результати розрахунків можливо лише за умови підстановки у формули достовірних чисельних значень відповідних вихідних розрахункових даних – результатів вимірювань, параметрів та коефіцієнтів. Це має принципове значення, оскільки лише за умови достовірності вихідних даних можна говорити про обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів [2-5].

Мета. Метою роботи є розробка методики зменшення невизначеності довідкових та розрахункових параметрів в задачах автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.

Результати досліджень. При вирішенні задач автотехнічної експертизи ДТП прийняття рішень відбувається в умовах неповноти інформації, тобто в умовах невизначеності.

В процесі прийняття рішень виникають різні види невизначеності в залежності від причин її появи. Зокрема, розрізняють невизначеність [6]:

- кількісну, зумовлену значним числом об'єктів чи елементів в ситуації;
- інформаційну, обумовлену недостатністю інформації чи її неточністю через технічні, соціальні та інші причини;
- вартісну через надто дорогу чи недоступну плату за визначеність;
- професійну як наслідок недостатнього професіоналізму особи, що приймає рішення;
- обмежувальну (спричинену обмеженнями в ситуації прийняття рішень, наприклад, обмеження в часі та ін.);
- зовнішнього середовища, пов'язану з його поведінкою чи реакцією на процес прийняття рішення.

Крім того, невизначеність може мати стохастичну або нечітку природу. При прийнятті рішень стохастична невизначеність виникає при використанні даних, про які відомі не точні значення, а їхні статистичні оцінки. Нечітка невизначеність властива практично будь-якій ситуації експертного оцінювання і може бути об'єктивною, властивою всім реальним величинам [6] чи суб'єктивною, властивою людській природі в цілому, і особливо можливостям людини оцінювати інформацію. Причинами виникнення суб'єктивної невизначеності є [7]:

- неповнота знань експерта про властивості об'єктів;
- його недостатній ступінь впевненості в правильності свої оцінок;
- суперечливість експертних знань;
- нечіткість представлення інформації;
- семантична невизначеність, пов'язана з неоднозначністю природної мови, недовизначеністю понять і термінів;
- особливості агрегування індивідуальних експертних оцінок тощо.

Отже, умови невизначеності при прийнятті рішень характеризуються відсутністю достатньої кількості інформації для доцільної організації дій. Якість процесу розробки рішень залежить від повноти врахування всіх факторів, що впливають на наслідки прийнятих рішень. Невизначеність можна усунути повністю чи частково двома шляхами: поглибленим вивченням наявної інформації або набуттям інформації, якої не вистачає.

Ступінь неповноти інформації про ситуацію прийняття рішень може характеризуватись різними показниками. Уявляється доцільним використання ентропійного показника невизначеності, який є достатньо загальним як для статистичних, так і для експертних оцінок [7]. Максимальне значення невизначеності характеризується апіорною ентропією H_{anp} , яка відповідає інтервальним оцінкам усіх умов прийняття рішення:

$$H_{anp} = \sum_i \int_{y_{i\min}}^{y_{i\max}} \frac{1}{y_{i\max} - y_{i\min}} \log \frac{1}{y_{i\max} - y_{i\min}} dy_i. \quad (1)$$

Для здійснення розрахунків з використанням нечітких та стохастичних даних можна використати систему узагальнюючих функцій [6, 7], оскільки аналізуючи спільні та відмінні риси стохастичної та нечіткої невизначеності, а також результати, отримані в процесі розробки методу узагальнюючих функцій невизначеності, можна дійти до висновку, що відповідні методи прийняття рішень мають переважно спільні риси, які дозволяють об'єднання в одному підході. Висновок зумовлений такими міркуваннями:

- нечіткі твердження експерта ґрунтуються на його досвіді, який є неформальним (інтуїтивним) усередненням попередніх подій і обставин, які зустрічались експерту;
- методи налаштування (навчання) нечітких систем підтримки прийняття рішень в основному аналогічні методам накопичення статистичних даних, а отже, їхні результати з часом наближаються;
- операції згортки ймовірностей стохастичних даних, як і максимінні композиції функцій належності, є узагальненням операцій над чіткими детермінованими даними, отже, вони мають спільну границю при наближенні невизначеності до нуля.

Узагальнююча функція – це додатно визначена функція на проміжку можливих значень аргумента, яка характеризує можливість π або ймовірність p прийняття аргументом значення з певного інтервалу $[x_1, x_2]$, $x_1 \in B$, $x_2 \in B$, за правилами:

$$p = \frac{\int_{x_1}^{x_2} d[\beta(x)]}{\int_B d[\beta(x)]}; \quad \pi = \frac{\int_{x_1}^{x_2} d[\beta(x)]}{\max_B \int_{[x_{i-1}, x_i]} d[\beta(x)]}, \quad (2)$$

де $x_{i-1}, x_i \in B, i = 1 \dots n, n$ – кількість інтервалів розбиття B .

Узагальнююча функція $\beta(x)$ визначається таким чином.

Для чіткого x , значення якого визначається статистично похибкою Δx , збігається за властивостями із щільністю (диференціальним законом) розподілу ймовірностей.

$$\beta(x) = f_x(x). \tag{3}$$

Для чіткого x , значення якого визначається точно

$$\beta(x) = \delta(x), \tag{4}$$

де $\delta(x)$ – дельта функція Дірака.

Для нечіткого x , значення якого задається функцією належності

$$\beta(x) = \mu_f(x), \tag{5}$$

де $\mu_f(x)$ – нормована функція належності

$$\mu_f(x) = \frac{\mu(x)}{\int_x \mu(x) dx}, \tag{6}$$

з операцією диз'юнкції

$$\begin{aligned} \mu[(x_1 \in \{x_1, \bar{x}_1\}) \cup (x_2 \in \{x_2, \bar{x}_2\})] = \\ = \mu(x_1 \in \{x_1, \bar{x}_1\}) + \mu(x_2 \in \{x_2, \bar{x}_2\}) \end{aligned}$$

і операцією кон'юнкції

$$\begin{aligned} \mu[(x_1 \in \{x_1, \bar{x}_1\}) \cap (x_2 \in \{x_2, \bar{x}_2\})] = \\ = \mu(x_1 \in \{x_1, \bar{x}_1\}) * \mu(x_2 \in \{x_2, \bar{x}_2\}), \mu^R, \end{aligned}$$

де μ^R – характеристика взаємозв'язку нечітких змінних x_1 та x_2 .

Аксиоматична основа системи узагальнюючих функцій базується на множенні аксіом теорії ймовірностей, нечіткої логіки та обробки числових даних:

- аксіоми очікуваної корисності Неймана-Моргенштерна [6];
- аксіоми системи узагальнення стохастичної та нечіткої невизначеності [6, 7];
- аксіоми функціонального аналізу [7].

В якості критерію оптимальності приймається узагальнена ентропія, яка є мірою невизначеності втрат від прийнятого рішення.

$$H_d(d) = \int_G \beta(g/d) \log \beta(g/d) dg, \tag{7}$$

де G – система узагальнюючих функцій переваг (втрата) при прийнятті рішення;

d – рішення;

g – функція невизначених параметрів задачі.

Для ілюстрації ефективності запропонованого підходу розглянемо приклад оцінювання шляху, необхідного для зупинки автомобіля, що виконується в рамках розслідування обставин конкретного ДТП.

Обставини ДТП такі. Автомобілем ГАЗ-3110 збито пішохода, який перетинав проїзну частину дороги зліва направо відносно руху автомобіля.

Потрібно визначити, чи мав технічну можливість водій шляхом гальмування уникнути наїзду за таких умов (інформація з протоколу ДТП):

- тип дорожнього покриття – асфальтобетон;
- стан дорожнього покриття – покритий бруdom;
- тип шин – низького тиску;
- ступінь проковзання шини – кочення з проковзанням;
- зношеність шин – в межах допустимого;
- тиск в шинах – нормальний (0,2 МПа);
- навантаження на колесо – низьке (10%);
- швидкість автомобіля – 55 км/год.

Ділянка дороги горизонтального профілю. Після наїзду до повної зупинки автомобіль ГАЗ-3110 в стані гальмування подолав 9,2 м. З моменту виникнення перешкоди для руху і до моменту наїзду пішохід подолав 5 м зі швидкістю 4,5 км/год. Пішохода збито передньою частиною автомобіля.

Розв'язання. Питання про технічну можливість уникнути наїзду можна вирішити, порівнюючи величину шляху, необхідного для зупинки транспортного засобу (S_0), і відстань, на якій знаходився цей транспортний засіб від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху (S_a). На основі порівняння (рис. 1) приходимо до висновку:

- а) водій не має технічної можливості шляхом гальмування уникнути наїзду за умови, що шлях, необхідний для зупинки, дорівнює або більший ніж відстань, від транспортного засобу до місця наїзду;
- б) водій має технічну можливість уникнути наїзду за умови, що шлях, необхідний для зупинки, менший ніж відстань від транспортного засобу до місця наїзду.

Очевидно, що в даному контексті невизначеність довідкових та розрахункових параметрів впливає на інтерпретацію аналітичних результатів.

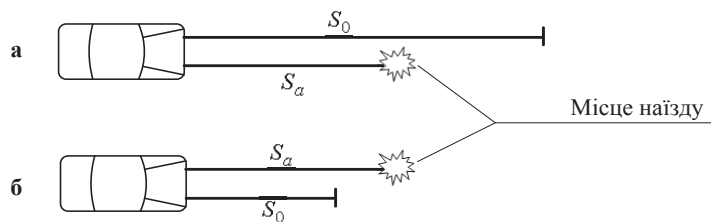


Рис. 1. Порівняння величин шляху, необхідного для зупинки, і відстані від транспортного засобу до місця наїзду:

- а – при $S_0 > S_a$, водій не має технічної можливості уникнути наїзду;
- б – при $S_0 < S_a$, водій має технічну можливість уникнути наїзду

Якщо виходити з припущення, що величину меж відстані від транспортного засобу до місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху було встановлено без врахування невизначеності, при співставленні з верхню межею можливі чотири ситуації (рис. 2):

1. Результат перевищує граничне значення на величину, більшу за розширену невизначеність.
2. Результат перевищує граничне значення на величину, меншу за розширену невизначеність.
3. Результат нижче граничного значення на величину, меншу за розширену невизначеність.
4. Результат нижче граничного значення на величину, більшу за розширену невизначеність.

Випадок 1 звичайно інтерпретується як демонстрація повної впевненості в тому, що водій не мав технічної можливості уникнути наїзду. Навпаки, випадок 4 звичайно інтерпретується як демонстрація повної впевненості в тому, що водій мав технічну можливість уникнути наїзду. Випадки 2 і 3 звичайно потребують окремого поглибленого розгляду. Аналогічні міркування застосовні при роботі з нижньою межею заданого параметра.

Визначимо шлях, необхідний для зупинки автомобіля ГАЗ-3110 в цих дорожніх умовах [2-5]:

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \cdot \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26g\varphi}, \quad (8)$$

де t_1 – ситуаційний час реакції водія – 1,0 с;

t_2 – час запізнення спрацювання гальмового приводу – 0,2 с;

t_3 – час наростання сповільнення – 0,2 с;

V_a – швидкість автомобіля – 55 км/год;

g – прискорення вільного падіння – 9,8 м/с².

Визначимо відстань від автомобіля до місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху [2-5]:

$$S_a = \frac{V_a}{V_n} \cdot S_n - \left(\sqrt{\frac{V_a^2}{26 \cdot g \cdot \varphi}} - \sqrt{S_T''} \right)^2, \quad (9)$$

де V_n – швидкість пішохода – 4,5 км/год;

S_n – відстань, яку подолав пішохід з моменту виникнення перешкоди для руху до моменту наїзду – 5 м;

S_T'' – відстань, яку подолав автомобіль під час гальмування після наїзду, до зупинки – 9,2 м.

У формулах для S_0 та S_a є змінна φ – коефіцієнт зчеплення:

а) за діючою методикою (з врахуванням стохастичної невизначеності) [2-5]: $\varphi = 0,25-0,4$;

б) за запропонованим підходом (з врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності) [8]: $\varphi = 0,32$.

Області невизначеності величини коефіцієнта зчеплення для даного випадку показано на рис. 3.

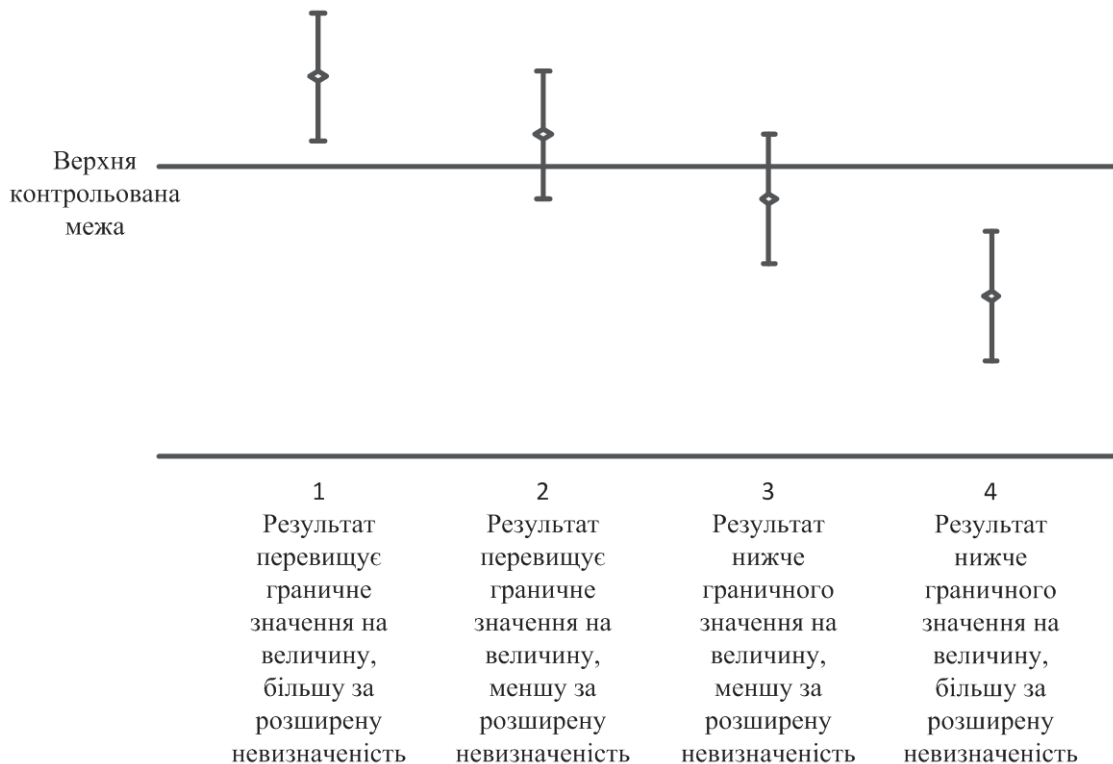


Рис. 2. Невизначеність та відповідність заданим межам

Таблиця 1

Результати розрахунків для прийняття рішення

Методика	Коефіцієнт зчеплення	Зупиночний шлях автомобіля, м	Відстань до перешкоди в момент виникнення небезпеки, м	Рішення про можливість уникнення наїзду
Діюча	0,25	67,3	46,2	не можливо
	0,4	49,5	55,3	можливо
Запропонована	0,32	56,9	51,8	не можливо

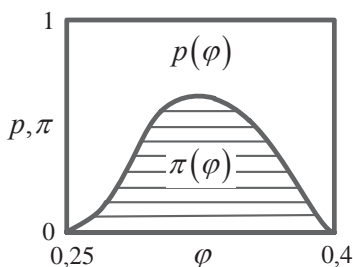


Рис. 3. Области невизначеності величини коефіцієнта зчеплення з врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності

Перетворення нечіткого розв'язку $\pi(\varphi)$ у чітку форму відбувається за одним з методів дефазифікації, найбільш поширеним з яких є метод центру притягання [6, 7]:

$$\varphi = \frac{\int \mu(\varphi) \cdot \varphi d\varphi}{\int \mu(\varphi) d\varphi}, \tag{10}$$

де $\mu(\varphi)$ – функція належності вихідної величини φ .

Результати розрахунків зведено в табл. 1. Останній стовпчик цієї таблиці показує, наскільки важливе точне знання коефіцієнта зчеплення для прийняття рішення.

Висновки. Обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів можливо забезпечити лише за умови достовірності вихідних даних. Відома методика в багатьох випадках дозволяє оцінити лише діапазон можливих значень вихідних змінних на основі врахування стохастичної невизначеності, що ускладнює об'єктивність прийняття рішення при аналізі причин ДТП. Запропонований вище підхід, на відміну від відомої методики, дозволяє врахувати як стохастичну, так і нечітку невизначеність і звузити діапазон можливих оцінок, що підвищує об'єктивність прийняття рішень та дозволяє рекомендувати його як альтернативу існуючій методиці для застосування в практиці автодорожньої експертизи.

Література

1. Аварійність на автошляхах України – Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем: офіційний web-сайт Департаменту ДАІ МВС України [елект-

ронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2012.pdf>.

2. Туренко А.Н. Автотехническая экспертиза: Учебное пособие / А. Н. Туренко, В. И. Клименко, А. В. Сараев. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – 156 с.

3. Сумець О.М. Основи експертизи дорожньо-транспортних пригод: автотехнічна експертиза: Навчальний посібник / О.М. Сумець, В.Ф. Голодий. – К.: Хай-Тек Прес, 2008. – 160 с.

4. 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, 2003. – 208 с.

5. Тартаковский Д.Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д.Ф. Тартаковский. – СПб.: Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с.

6. Дубовой В.М. Модели прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами: монографія / В.М. Дубовой, О.О. Ковалюк. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2008. – 185 с.

7. Дубовой В.М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування: навчальний посібник / В.М. Дубовой. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 308 с.

8. Кашканов В.А. Інтелектуальна технологія ідентифікації коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП: монографія / В. А. Кашканов, В. М. Ребедайло, А.А. Кашканов, В.П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 129 с.

References

1. Avariynist na avtoshlyahah Ukrainy – Center bezpeky dorognogo ruhu ta avtomatyzovanyh system: ofitsiyny web-sayt Departamentu DAI MVS Ukrainy [elektronniy resurs]. – Regim dostupu: <http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2012.pdf>.

2. Turenko A.N. Avtotehnicheskaya ekspertiza: Uchebnoe posobie / A. N. Turenko, V. I. Klimenko, A. V. Saraev. – Harkov: HNADU, 2007. – 156 p.

3. Sumec O.M. Osnovy ekspertizy dorojno-transportnih prygod: avtotehnichna ekspertiza: Navchalny posibnyk / O.M. Sumec, V.F. Golodny. – K.: Hay-Tek Pres, 2008. – 160 p.

4. Suvorov U.B. Sudebnaya dorojno-transportnaya ekspertiza. Sudebno-ekspertnaya ocenka deystviy voditeley i drugih lic, otvetstvennyh za obespechenie bezopasnosti dorojnogo dvijenja, na uchastkah DTP: Ucheb. posobie / U.B. Suvorov. – M.: Ekzamen, 2003. – 208 p.

5. Tartakovsky D.F. Problemy neopredelennosti dannyh pri ekspertize dorozhno-transportnyh proishestviy / D.F. Tartakovsky. – SPb. : Uridichesky centr Press, 2006. – 268 p.
6. Dubovoy V.M. Modeli prynyattya rishen v upravlinni rozpodileny dynamichny systemamy: monografiya / V.M. Dubovoy, O.O. Kovalyuk. – Vinnytsya: Universum-Vinnytsya, 2008. – 185 p.
7. Dubovoy V.M. Identyfikacia ta modelyuvannya tehnologichnyh obektiv i system keruvannya: Navchalny posibnyk / V.M. Dubovoy. – Vinnytsya: VNTU, 2012. – 308 p.
8. Kashkanov V.A. Intelktualna tehnologiya identyfikacii koeficienta zcheplyennya pry avtotekhnichny ekspertyzi DTP: monografiya / V.A. Kashkanov, V.M. Rebedaylo, A.A. Kashkanov, V.P. Kujel. – Vinnytsya: VNTU, 2011. – 129 p.

Кашканов А.А. Методика уменьшения неопределенности справочных и расчетных параметров в задачах автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий

Рассмотрены вопросы неопределенности справочных и расчетных параметров при проведении экспертиз дорожно-транспортных происшествий и ее влияние на интерпретацию аналитических результатов исследований и расчетов. Предложена методика уменьшения неопределенности, которая возникает во время решения типичных задач автотехнической экспертизы, базирующейся на использовании системы обобщающих функций,

построенных на основе аксиом теории вероятностей, нечеткой логики и обработки числовых данных.

Ключевые слова: *система водитель – автомобиль – дорога, неопределенность данных, экспертиза дорожно-транспортных происшествий.*

Kashkanov A. Methods of vagueness diminishing of certificate and calculation parameters in the tasks of motor-vehicle examination of traffic accidents

Considered questions of vagueness of certificate and calculation parameters during realization of examinations of traffic accidents, and her influence on interpretation of analytical results of researches and calculations. The methods of diminishing of vagueness, which arises up during untiring of typical tasks of motor-vehicle examination, which is based on the use of the system of summarizing functions, built on the basis of axioms of theory of chances, fuzzy logic and processing of numeric data, are offered.

Keywords: *system a driver – car – road, vagueness of data, examination of road traffic accidents.*

Кашканов А.А. – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: kashkanov_a@ukr.net; a.kashkanov@gmail.com.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 14.04.2013