

**ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ АЛЬТЕРНАТИВИ  
В УМОВАХ КОМПОЗИЦІЙНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ  
АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД**

**Кашканов А.А., Грисюк О.Г., Грисюк О.О.**

**GROUND OF CHOICE OF OPTIMAL ALTERNATIVE  
IN THE CONDITIONS OF COMPOSITION VAGUENESS AT DECISION OF TASKS  
MOTOR-VEHICLE EXAMINATION OF TRAFFIC ACCIDENTS**

**Kashkanov A., Grysyuk O., Grysyuk O.**

*Розглянуті питання підвищення об'єктивності прийняття рішень при проведенні експертиз дорожньо-транспортних пригод. Визначено методику формування інтегрального критерію для оцінки об'єктів, використання якої дозволить зменшити композиційну невизначеність, яка виникає під час розв'язування типових задач автотехнічної експертизи. Процес формування інтегрального критерію здійснюється на перетині предметних областей штучного інтелекту, статистики і теорії баз даних.*

**Ключові слова:** оптимальна альтернатива, композиційна невизначеність, автотехнічна експертиза, дорожньо-транспортні пригоди.

**Постановка проблеми.** Проблема аварійності на автомобільних дорогах є актуальною для багатьох країн світу. За даними Департаменту ДАІ МВС України на дорогах країни в дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) в 2012 році загинуло 5,1 тис. людей та 37,5 тис. людей отримало травми різного ступеня важкості [1].

За скоєння ДТП передбачена адміністративна чи кримінальна відповідальність згідно чинного законодавства України. При цьому вирішальне значення у встановленні об'єктивної та суб'єктивної сторін пригоди, визначенні винності чи невинності водія АТЗ можуть мати висновки експерта-автотехніка.

Більшість ДТП викликається не одною, 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.** Сучасні умови виконання експертних досліджень, що проводяться з метою встановлення механізму і обставин ДТП з врахуванням показників технічного стану АТЗ, якості та параметрів дороги, психофізіологічних характеристик їх учасників, вимагають по-

силення фактора об'єктивності в оцінці подій, зменшення кількості обмежень суб'єктивного характеру на свободу вибору експерта [3, 4].

Керуючись доцільністю та ефективністю, як основними аспектами вибору оптимального рішення, експерт найчастіше [5, 6]:

- не враховує фактори, які, в загальному випадку, є привнесеними ззовні предметної області, але можуть значно ускладнити вирішення поставлених задач;

- не може спів ставити негативні та позитивні значення різних факторів, що призводить до перекосів і появи небажаних аспектів при формуванні експертного висновку;

- недооцінює роль суб'єктивних факторів;

- не може порівняти альтернативні варіанти, кожен з яких має як кількісні, так і якісні характеристики.

**Мета.** Метою роботи є встановлення узагальненого критерію, за значенням якого можна прийняти рішення про вибір оптимальної альтернативи в умовах композиційної невизначеності при розв'язку задач автотехнічної експертизи ДТП.

**Результати досліджень.** Зміст задачі, що виникає перед експертом, полягає у визначенні можливості композиції кількісних і якісних, об'єктивних та суб'єктивних факторів і розробці відповідного методу та оцінки такої композиції. Базуватись при її розв'язку необхідно на визначенні міри, як сутнісної єдності кількісного і якісного, що внесе якісно-кількісну визначеність [6, 7].

Нехай  $S$  – деяка задача експертизи ДТП. В результаті попереднього аналізу такого роду задач встановлено, що характеристики  $S$  оцінюють за множиною критеріїв об'єктивної та суб'єктивної природи  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ . Необхідно встановити

узагальнений критерій, за значенням якого буде прийнято рішення про вибір оптимального варіанту розв'язку задачі та запропонувати процедуру його інтерпретації.

Розглянемо класифікацію часткових критеріїв. Нехай  $A_1, A_2, \dots, A_m$  – можливі варіанти розв'язування певної задачі, яка стоїть перед експертом. Кожний з них не співпадає з іншим за множиною внутрішніх параметрів. Вони можуть мати різну структуру, елементно-модульну базу, відрізнятися організаційними процесами і мати різну вартість. Варіанти мають множину  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$  системних характеристик, яка включає в себе характеристики  $S$ . Склад множини  $Z$  є однаковим для кожного варіанту. Оцінюють характеристики за критеріями, які будемо класифікувати так:

1. Якісні критерії, що вказують на наявність або відсутність деякої характеристики варіанту:

$$y_l = \chi_{A_q}(z_p) = \begin{cases} 1, & A_q \text{ має властивість } z_p, \\ 0, & \text{в іншому випадку,} \end{cases} \quad (1)$$

$l = 1, \dots, n, q = 1, \dots, m, p = 1, \dots, k.$

2. Якісні критерії, що вказують на наявність характеристики, вибір одного із способів її реалізації, ефективність кожного способу:

$$y_l = \rho_i \cdot \chi_{z_p}(z_p^i), \quad (2)$$

де  $\rho_i$  – ваговий коефіцієнт способу реалізації варіанту,  $\rho_i \in (0,1)$ ,  $\sum_{i=1}^d \rho_i = 1$ ,  $d$  – кількість способів.

Вагові коефіцієнти залежать, у загальному випадку, нелінійно від внутрішніх параметрів, їх можна визначити в результаті експерименту чи моделювання [6].

3. Якісні критерії, що вказують, на відміну від критеріїв типу 2, на вибір декількох із багатьох способів реалізації варіанту:

$$y_l = \sum_{i \in I} \rho_i \cdot \chi_{z_p}(z_p^i), \quad (3)$$

де  $I$  – множина індексів,  $I = \{1, 2, \dots, d\}$ .

Проблема визначення  $\rho_i$  поєднує в собі необхідність розв'язання задачі математичного програмування і комбінаторний аналіз при рівноефективних комбінаціях способів реалізації характеристики.

4. Критерії кількісного характеру, значеннями яких є числова міра характеристик  $S$ . Оскільки значення критерію є величиною абсолютною і має мінімальну інформативність та характеризується значною ентропією, то використовують відому процедуру нормалізації з метою приведення його до єдиної шкали (відрізку  $[0,1]$ ). Для цього необхідне знання числових екстремальних значень характеристики. Маємо:

$$y_l : X \rightarrow [0,1], \quad (4)$$

де  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_r\}$  – множина внутрішніх параметрів  $S$ .

5. Якісні критерії, що базуються на судженнях експертів, їх досвіді та інтуїції. Найчастіше вони мають прогностичний характер, виходячи із знання процесу функціонування аналогів або досвіду експерта:

$$y_l : [a, b] \rightarrow [0,1], \quad (5)$$

де  $a$  – мінімальне числове значення системної характеристики,  $b$  – максимальне, критерій  $y_l(x)$  вказує, наскільки оптимальним є її значення  $x$ .

Таким чином, запропоновано систему з  $p$ 'яти типів критеріїв, що мають універсальну множину значень – відрізок  $[0,1]$ . В роботі [7] стверджується, що така система критеріїв є повною і всі інші критерії з іншою семантичною структурою можна звести до наведених вище.

Процедура агрегування часткових критеріїв в інтегральний відбувається за умови визначеності їх вагових значень, що в свою чергу є можливим лише у разі ортогональності системних характеристик. Якщо позначити вагові коефіцієнти критеріїв  $\beta_i, i = 1, \dots, n$ , тоді можна запропонувати декілька підходів до формування інтегрального критерію і обчислити його значення:

1. Нехай  $y_i \wedge y_j = \min\{\beta_i \cdot y_i, \beta_j \cdot y_j\}$ , тоді інтегральний критерій є таким:

$$IK = \bigwedge_{i=1}^n y_i. \quad (6)$$

ІК дорівнює найменшому добутку значення часткового критерію на його вагу. Потрібно зауважити, що можливі два випадки: перший, якщо критерій має незначну вагу у системі критеріїв і другий, коли значення критерію є порівняно малим або нулем, але вага критерію велика. В цих випадках рішення про можливість вилучення критерію приймається за результатами дослідження структури критеріальної функції.

2. Інтегральні критерії адитивного, або мультиплікативного вигляду

$$IK = \sum_{i=1}^n \beta_i y_i \text{ або } IK = \prod_{i=1}^n y_i^{\beta_i}. \quad (7)$$

Мультиплікативні критерії зручно використовувати, якщо існують часткові критерії, які визначені на множинах внутрішніх параметрів, що перетинаються. Оскільки такі критерії зводять до адитивних логарифмуванням з використанням процедур тестування на мультиколінеарність та вилучення залежних критеріїв, доцільно розглядати лише адитивні критерії.

Процедура агрегування часткових критеріїв в інтегральний значно ускладнюється, якщо значення вагових коефіцієнтів невідомі і визначаються суб'єктивно на основі статистичних даних або професійного досвіду, інтуїції та знання теоретичних засад.

Невизначеність може мати стохастичну або нечітку природу. При прийнятті рішень стохастична невизначеність виникає при використанні даних,

про які відомі не точні значення, а їх 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, невизначеністю понять і термінів;

– особливості агрегування індивідуальних експертних оцінок тощо.

Використовуючи композицію детермінованого та ймовірного підходів, а також методів теорії невизначеності, можна одержати інтегральний критерій, в якому будуть враховані статистичні дані (минуле), параметри та характеристики реального стану предметної області (теперішнє) та результати прогнозування (майбутнє) з урахуванням суб'єктивного відношення особи, що приймає рішення (рис. 1).

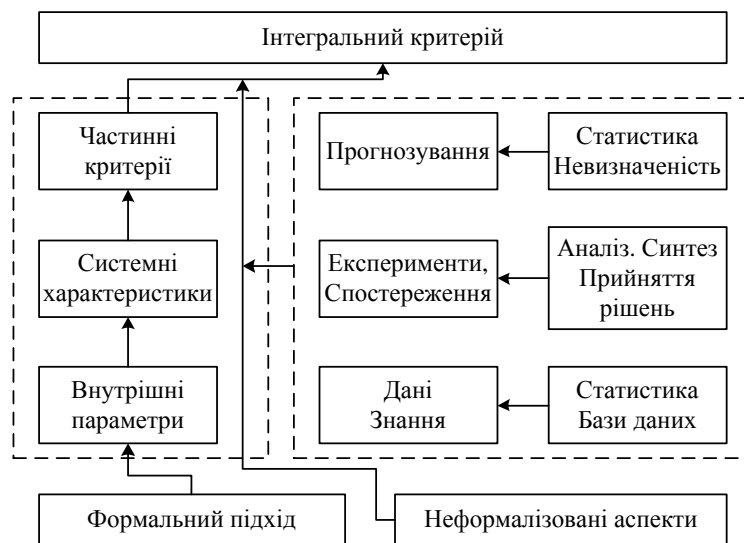


Рис. 1. Схема процесу формування інтегрального критерію

Процес формування інтегрального критерію здійснюється на перетині предметних областей штучного інтелекту, статистики і теорії баз даних, який позначають як knowledge discovery in databases (виявлення знань в базах даних). Технологія data mining (добування знань із даних), на сьогоднішній день робить в Україні перші кроки, оскільки правила і алгоритми, за якими вона функціонує, виявляються нездатними до швидкої адаптації.

Сформований інтегральний критерій, який утворюється із простої комбінації частинних є зручним засобом для оцінювання можливих варіантів. Але виявити складні залежності, використовуючи формалізовані процедури, дуже часто виявляється неможливо. Крім того, існує багато умовностей, за яких працює той чи інший метод. Так, при формуванні інтегрального критерію необхідно відповідати на такі питання:

1. Якщо вагові коефіцієнти визначаються з використанням статистичних даних, то як позбутися проблеми, що викликана композицією мультиколінеарності, автокореляції та гетероскедастичності?

2. Як вибрати найкращий варіант, якщо інтегральний критерій є нелінійною, а найчастіше поліекстремальною функцією?

3. Якщо в інтегральний критерій включено надлишкову кількість членів, то чи не викличе це помилкового визначення оптимуму критерію, де домінуючим є надлишковий критерій?

4. Як співставити виміряні значення експериментальних характеристик з суб'єктивними судженнями експертів та осіб, що приймають рішення.

Таким чином, при формуванні інтегрального критерію необхідно враховувати наявність взаємопов'язаних параметрів, завад, помилок вимірювань та інших випадкових факторів. Коригування суб'єктивних суджень потрібно здійснювати, використовуючи неформалізовані процедури прийняття рішень.

**Висновки.** Обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів можливо забезпечити лише за умови достовірності вихідних даних та вибору оптимальної методики проведення дослідження. Запропонований вище підхід, щодо формування інтегрального критерію, за значенням якого можна прийняти рішення про вибір оптимальної альтернативи в умовах композиційної невизначеності при розв'язку задач автотехнічної експертизи

ДТП, дозволяє врахувати як стохастичну, так і нечітку невизначеність і звужити 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 веб-сайт Департаменту ДАІ МВС України [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2012.pdf>.
2. Волков В.П. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях: Монография / В.П. Волков, В.Н. Торлин, В.М. Мищенко, А.А. Кашканов, В.А. Кашканов, В.П. Кужель, В.А. Ксенюфонтова, А.А. Ветрогон, Н.В. Скляр. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 476 с.
3. Кашканов А.А. Методика багатокритеріального оцінювання якості розслідування та проведення автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – Житомир, 2012. – № 3(62) – С. 68–73.
4. Кашканов А.А. Мінімізація суб'єктивності експертного оцінювання в задачах автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 29 (1002). – С. 120–125.
5. Тартаковский Д.Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д.Ф. Тартаковский. – СПб. : Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с. – ISBN 5-94201-409-4.
6. Гнатієнко Г. М. Експертні технології прийняття рішень: монографія / Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк. – К.: ТОВ «Маклаут», 2008. – 444 с. – ISBN 978-966-96939-4-8.
7. Зайченко Ю. П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах / Ю. П. Зайченко. – Киев: «Издательский дом «Слово», 2008. – 344 с. – ISBN 978-966-8407-79-6.

#### References

1. Avariynist na avtoshlyahah Ukrainy – Center bezpeky dorognogo ruhu ta avtomatyzovanyh system : ofitsiyniy web-sayt Departamentu DAI MVS Ukrainy [elektronniy resurs]. – Regim dostupu: <http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2012.pdf>.
2. Volkov V.P. Sovershenstvovanie metodov avtotekhnicheskoy ekspertizy pri dorogno-transportnyh proisshestviyah: Monografiya / V.P. Volkov, V.N. Torlin, V.M. Mischenko, A.A. Kashkanov, V.A. Kashkanov, V.P. Kuzel, V.A. Ksenofontova, A.A. Vetrogon, N.V. Sklyarov. – Kharkov: HNADU, 2010. – 476 s.
3. Kashkanov A.A. Metodyka bagatokryterialnogo ocinyuvannya yakosti rozsliduvannya ta provedennya avtotekhnichnyh ekspertyz dorogno-transportnyh prygod // Visnyk Zhitomirskogo dergavnogo tehnologichnogo universytetu. – Zhitomir, 2012. – № 3(62) – S. 68–73.
4. Kashkanov A.A. Minimizacia subektyvnosti ekspertynogo ocinyuvannya v zadachah avtotekhnichnoi ekspertizy dorogno-transportnyh prygod // Visnyk NTU «HPI». Seriya: Avtomobile- ta traktorobuduvannya. – Kharkiv: NTU «HPI», 2013. – № 29 (1002). – С. 120–125.
5. Tartakovsky D.F. Problemy neopredelennosti dannyh pri ekspertize dorogno-transportnyh proisshestviy / D.F.

Tartakovsky. – SPb. : Uridichesky centr Press, 2006. – 268 s. – ISBN 5-94201-409-4.

6. Gnatienko G. M. Ekspertni tehnologii prynyattya rishen: monografiya / G. M. Gnatienko, V. E. Snytyuk. – K.: TOV «Maklout», 2008. – 444 s. – ISBN 978-966-96939-4-8.
7. Zaychenko U. P. Nchetkie modeli i metody v intelektualnyh systemah / U. P. Zaychenko. – Kiev: «Izdatelskiy Dom «Slovo», 2008. – 344 s. – ISBN 978-966-8407-79-6.

#### **Кашканов А.А., Грисюк О.Г., Грисюк А.О. Обоснование выбора оптимальной альтернативы в условиях композиционной неопределенности при решении задач автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий**

*Рассмотрены вопросы повышения объективности принятия решений при проведении экспертизы дорожно-транспортных происшествий. Определено методика формирования интегрального критерия для оценки объектов, использование которой позволит уменьшить композиционную неопределенность, возникающую при решении типичных задач автотехнической экспертизы. Процесс формирования интегрального критерия осуществляется на пересечении предметных областей искусственного интеллекта, статистики и теории баз данных.*

**Ключевые слова:** оптимальная альтернатива, композиционная неопределенность, автотехническая экспертиза, дорожно-транспортные происшествия.

#### **Kashkanov A., Grysyuk O., Grysyuk O. Ground of choice of optimal alternative in the conditions of composition vagueness at decision of tasks motor-vehicle examination of traffic accidents**

*The considered questions of increase of objectivity of making decision during realization of road traffic accidents examinations. The methods of forming of integral criterion are certain for the estimation of objects, the use of which will allow to decrease a composition vagueness which arises up during untying of typical tasks of motor-vehicle examination. The process of forming of integral criterion is carried out on crossing of subject domains of artificial intelligence, statistics and theory of bases given.*

**Keywords:** optimal alternative, composition vagueness, motor-vehicle examination, road traffic accidents.

**Кашканов А.А.** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: a.kashkanov@gmail.com.

**Грисюк О.Г.** – викладач Барського автомобільно-дорожнього технікуму Національного транспортного університету, Вінницька обл., м. Бар, Україна, e-mail: aloha\_bar@ukr.net.

**Грисюк О.О.** – студент інституту машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: aloha\_bar@ukr.net.

Рецензент: Поляков А.П., д.т.н., проф.

Стаття подана 14.10.2013