

Концепція підвищення об'єктивності експертних досліджень дорожньо-транспортних пригод

Андрій Кашканов

*Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця, Україна*

1. СТАН БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В УКРАЇНІ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ АКТУАЛЬНИХ НАПРЯМКІВ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО- ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Безпека дорожнього руху (БДР) – це система правил та комплекс заходів і засобів, спрямовані на захист і збереження життя і здоров'я учасникам дорожнього руху, захист і збереження довкілля та майна. Основними факторами, які визначають БДР є:

- створення надійних в експлуатації транспортних засобів (ТЗ), які мають високий рівень активної і пасивної безпеки;
- своєчасне і якісне обслуговування цих ТЗ;
- рівень професійної підготовки водіїв, їх психофізіологічні властивості;
- стан та якість проїзної частини;
- якість дорожньої інфраструктури та організація дорожнього руху;
- правове та юридичне забезпечення учасників дорожнього руху;
- нагляд за дорожнім рухом, статистичний аналіз та дослідження для постійного вдосконалення системи з підтримування безпеки дорожнього руху на належному рівні.

Розширення обсягів та сфери застосування ТЗ підвищує імовірність збільшення матеріальних втрат, травматизму та смертності на дорогах, що є характерним для багатьох країн світу [1].

За даними Організації економічного співробітництва та розвитку Україна є одним з лідерів серед європейських країн за питомими показниками аварійності та наслідків дорожньо-транспортних пригод (ДТП) [2]. Незважаючи на запровадження програм, спрямованих на підвищення рівня безпеки дорожнього руху, та деякі покращення в статистиці, яких досягла Україна за останні роки, проблема ДТП є критичною, адже за результатами 2021 року в країні за добу відбувається близько 491 ДТП, в яких 85 людей травмується, а гине щонайменше 7 людей [3]. Це вимагає від України запровадження цілого комплексу завдань, спрямованих на підвищення БДР.

Причинами високого рівня аварійності на автошляхах країни є:

- недостатній рівень правової культури учасників дорожнього руху внаслідок відсутності ефективного контролю з боку поліції та неналагодженості роботи систем автофіксації порушень;
- недотримання елементарних вимог безпеки (перехід пішоходами дороги за межами облаштованих переходів; користування мобільними телефонами за кермом автомобіля; нехтування ременями безпеки; перевезення маршрутними ТЗ кількості пасажирів більшої, ніж наявність посадкових місць тощо);
- безкарність осіб, які спричинили правопорушення на транспорті;
- стан автомобільних доріг (особливо у весняний період);
- технічний стан транспортних засобів;
- відсутність єдиних правил обліку ДТП, неякісна робота структур, що збирають дорожню статистику, вивчають причини ДТП і на основі отриманих результатів досліджень створюють плани та рекомендації для практичних рішень з метою запобігання ДТП у майбутньому.

Дослідження аспектів транспортного процесу та дорожньо-транспортних пригод засновано на аналізі складної картини взаємодії ланок системи водій-автомобіль-дорога-середовище (ВАДС). ДТП можна охарактеризувати як «розлагодження» взаємодії системи ВАДС [4, 5]. Найчастіше, пригоди розвиваються за декілька секунд або за долі секунди. Переважна більшість дорожньо-транспортних

пригод спричиняється декількома причинами (рис. 1). Ці обставини значно ускладнюють аналіз ДТП, головною метою якого є виявлення умов, що сприяли пригоді, та визначення дій її учасників.



Рисунок 1 – Причинно-наслідкові зв'язки механізму ДТП

Аналіз причинно-наслідкових зв'язків механізму ДТП дозволяє виділити три основні групи причин виникнення аварійних ситуацій:

- 1 група – недотримання учасниками руху діючих Правил дорожнього руху (ПДР) та помилки водіїв в управлінні ТЗ;
- 2 група – порушення правил експлуатації ТЗ та їх несправність;
- 3 група – незадовільний стан дорожнього покриття та низький рівень організації дорожнього руху.

Розв'язання проблеми підвищення безпеки руху слід здійснювати із застосуванням системного підходу, впровадженням сучасних вимог і технологій, які містять усі ключові аспекти БДР: поведінку людини, дорожню інфраструктуру, безпеку конструкцій ТЗ, та одночасно розглядаються на етапі попередження ДТП, під час ДТП та після ДТП відповідно до загальноприйнятих у світі підходів. Сучасний стан аварійності потребує створення рекомендацій та формування заходів щодо підвищення БДР, поглибленого вивчення умов та причин дорожньо-транспортних пригод, з врахуванням затвердженого переліку завдань автотехнічної експертизи [6, 7]:

- встановлення несправностей транспортних засобів, які загрожували БДР, часу їх виникнення та причин утворення; дефініція механізму впливу несправності на виникнення та розвиток аварійної ситуації;

- визначення механізму виникнення аварійної ситуації та її елементів: траєкторії руху, швидкості руху за слідами гальмування чи пошкодженнями, відстані, подоланої транспортними засобами за певні проміжки часу, зупинного та гальмового шляхів, інших просторово-динамічних характеристик пригоди;

- встановлення відповідності дій водія транспортного засобу в даній дорожньо-транспортній ситуації (ДТС) технічним вимогам ПДР, наявності у водія технічної можливості запобігти пригоді, а також визначення причинно-наслідкового зв'язку між діями водія та обставинами дорожньо-транспортної пригоди.

Чинний закон України «Про судову експертизу» [8], визначає правові, організаційні і фінансові засади судово-експертної діяльності. Його метою є забезпечення правосуддя України кваліфікованою, об'єктивною та незалежною експертизою, яка орієнтована на широке використання досягнень науки і техніки. З нього стає зрозумілим, що проведення судової автотехнічної експертизи (САТЕ) вимагає наявності та застосування спеціальних знань в галузі психофізіології, метрології, механіки. Ці знання повинні відповідати сучасному рівню розвитку цих наук. Експерт повинен володіти знаннями теорії експлуатаційних властивостей

автомобіля [9, 10], практики водіння автомобіля, знати та вміти використовувати сучасну нормативно-технічну базу – стандарти, норми, правила.

З метою підвищення якості розслідування обставин ДТП та досягнення об'єктивного висновку під час слідства і суду Міністерством юстиції України затверджені науково-методичні рекомендації щодо підготовки та призначення експертних досліджень та судових експертиз, які передбачають перелік основних питань з автотехнічної експертизи [7]. Крім питань з рекомендованого переліку слідчим та судом можуть бути задані інші питання, що не виходять за межі компетенції експерта автотехніка. Для відповіді на означені вище питання експерту достатньо визначити ті чи інші параметри за формулами, відомими з теорії експлуатаційних властивостей автомобіля. Однак отримання достовірних результатів розрахунків можливе у разі підстановки достовірних чисельних значень вихідних розрахункових даних в формули: результатів вимірювань, параметрів та коефіцієнтів. Даний підхід є принциповим, оскільки лише у випадку достовірності вихідних даних можна гарантувати обґрунтованість, достовірність та об'єктивність висновків експерта, забезпечити можливість їхнього використання в якості доказів.

2. НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ, ДОВІДКОВИХ І ЕКСПЕРТНИХ ДАНИХ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РЕЗУЛЬТАТИ РОЗСЛІДУВАННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Прийняття рішень під час розв'язування задач автотехнічної експертизи здійснюється в умовах неповноти інформації, інакше кажучи в умовах невизначеності [10-13].

В залежності від причин появи невизначеність поділяють на такі види (рис. 2).

Зокрема розрізняють невизначеність [14, 15]:

- кількісну, спричинену великою кількістю елементів ситуації;
- інформаційну, спричинену неточністю інформації або її недостатністю внаслідок дії соціальних, технічних чи інших причин;

- професійну, викликану недостатнім професіоналізмом особи, що приймає рішення;
- обмежувальну, причиною якої є наявність обмежень при прийнятті рішень, наприклад обмеження в засобах, коштах, часі тощо;
- вартісну через надто дорогу чи недоступну плату за визначеність;
- зовнішнього середовища, причиною якої є реакція середовища на процес прийняття рішення.

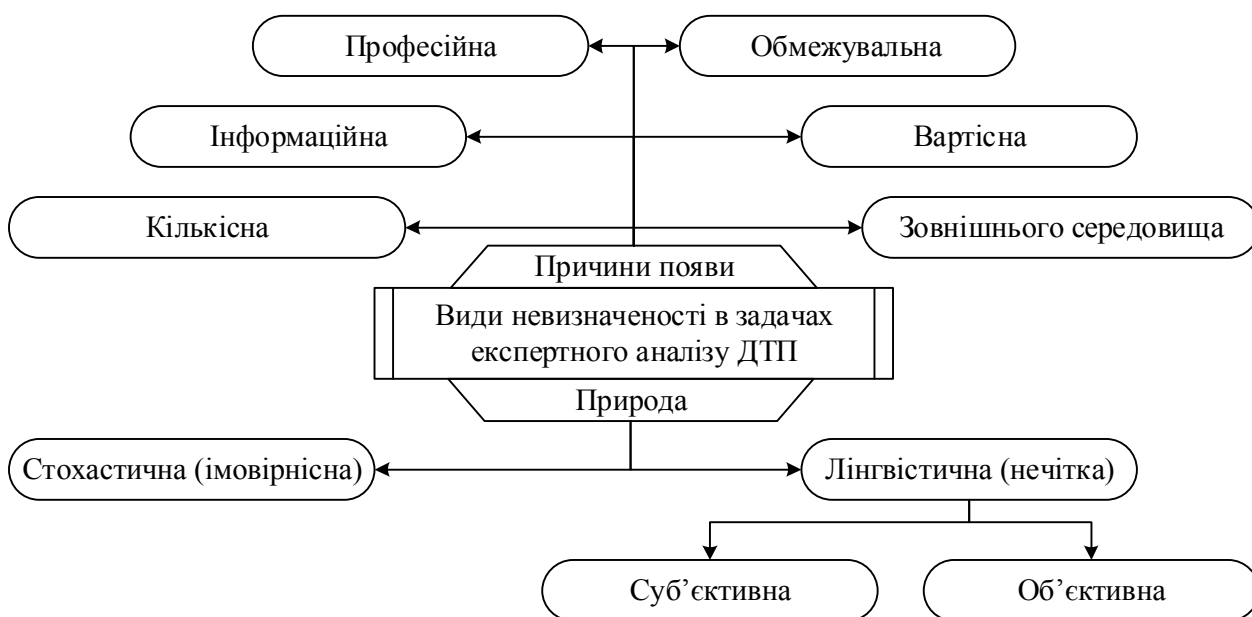


Рисунок 2 – Види невизначеності

Заразом, невизначеність може мати нечітку або стохастичну природу. В процесі прийняття рішень стохастична невизначеність з'являється під час користування даними, які мають не точні значення, а їх статистичні оцінки. Крім того, будь-якій ситуації експертного оцінювання властива нечітка невизначеність, яка може бути об'єктивною, характерною для всіх реальних величин або суб'єктивною, характерною для природи людей в цілому, та пов'язаною зі спроможністю людини оцінювати інформацію.

Оцінюванню невизначеності результатів розрахунку при реконструкції ДТП присвячено багато науково-дослідних робіт. Зокрема, дослідники переймалися питаннями ефективності існуючих методів аналізу невизначеності, застосування детермінованих методів

встановлення невизначеності, застосування імовірнісних методів визначення невизначеності, параметрична чутливість до невизначеності, невизначеність вимірювань, виконаних на місці ДТП, планування експериментів, сприйняття перешкод та його впливу на час реакції водія, невизначеності обчислення швидкості, гальмівного шляху, формул аналізу маневрування, верифікації програмного забезпечення для моделювання руху ТЗ, в тому числі роботи окремих систем (наприклад, рульового керування, приводу, підвіски, антиблокувальної системи гальм, системи курсової стійкості ТЗ), моделювання невизначеності зіткнення, невизначеність перетворення даних, записаних бортовими реєстраторами даних про події (EDR), аналізу аварійних ситуацій щодо їх попередження та розробки заходів з підвищення безпеки руху [13].

Усі методи, які застосовуються при аналізі аварійних ситуацій, можна поділити на дві основні групи [5]:

- ті, що використовують математичні моделі системи ВАДС;
- ті, що встановлюють параметри руху ТЗ на основі записів EDR.

При використанні математичних моделей системи ВАДС невизначеність залежить від точності визначення вхідних параметрів та прийнятої структури моделі, яка є лише наближенням реальності. При використанні записів бортових реєстраторів даних про події, невизначеність може бути результатом помилок вимірювання значень, що характеризують рух автомобіля та помилок в результаті обробки записаних даних.

В даний час основним методом аналізу ДТП є аналіз за допомогою математичних моделей системи ВАДС [16, 17]. При цьому застосовуються різні обчислювальні моделі: аналітичні та імітаційні, рівень складності яких може впливати на невизначеність результатів аналізу.

В практиці експертизи ДТП найчастіше доводиться визначати показники повороту та ефективності гальмування. Результати аналізу розрахункових даних з визначення похибки встановлення величини зупинного шляху в залежності від коефіцієнта зчеплення та швидкості руху ТЗ подані на рисунках 3, 4, а відносної різниці

розрахунку значень відхилення ТЗ в напрямку перпендикулярному початковому напрямку руху на рисунку 5.

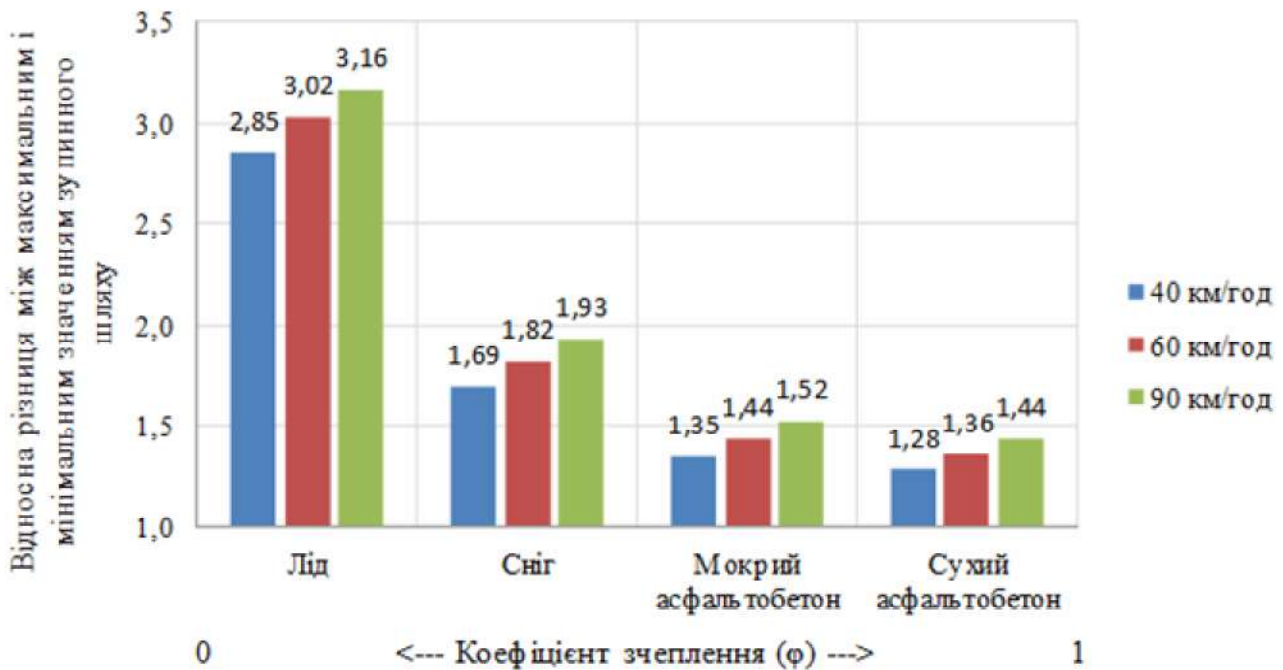


Рисунок 3 – Зміна похибки розрахунку зупинного шляху ТЗ

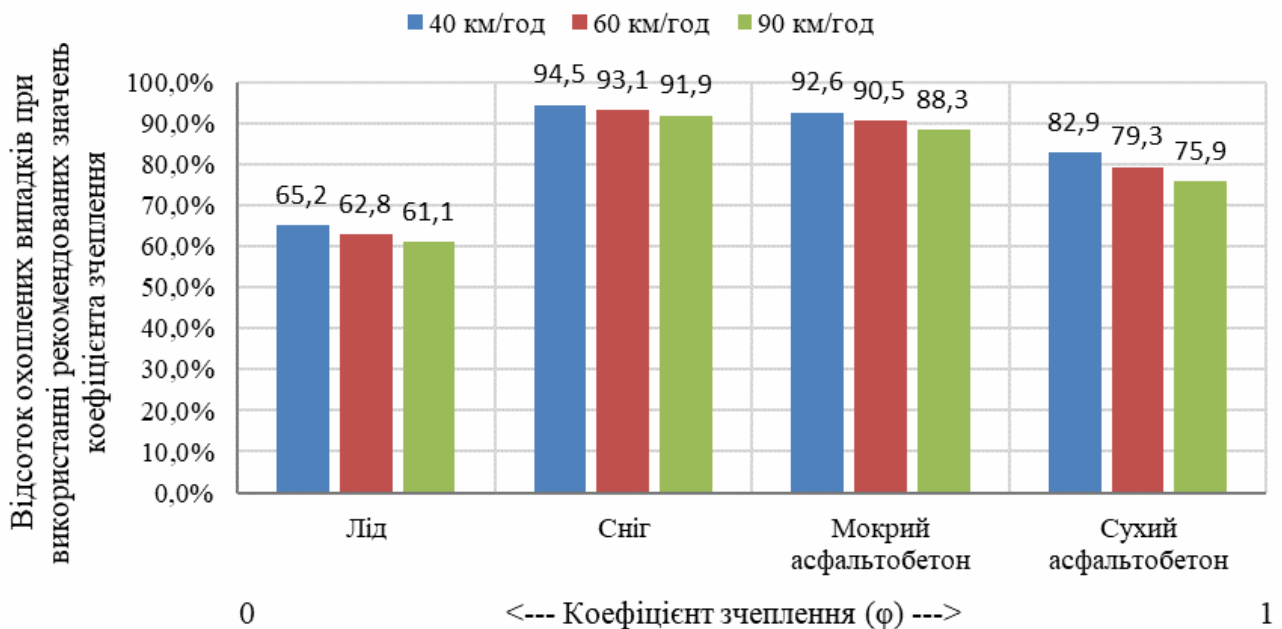


Рисунок 4 – Відсоток охоплених випадків при розрахунку зупинного шляху ТЗ за рекомендованими значеннями коефіцієнта зчеплення

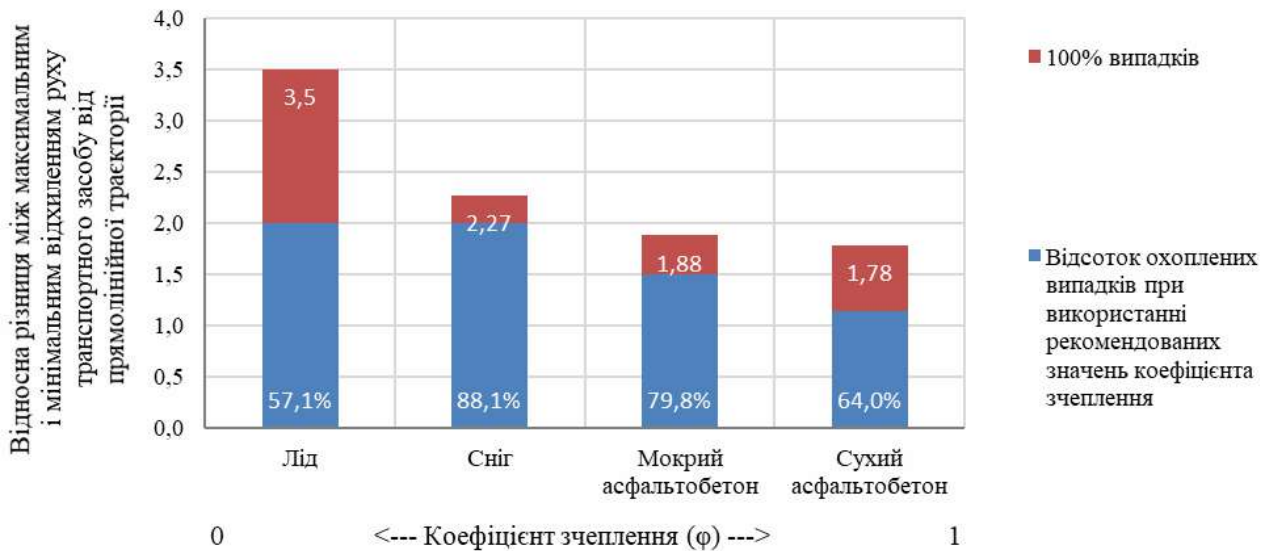


Рисунок 5 – Відносна різниця розрахунку значень відхилення ТЗ в напрямку перпендикулярному початковому напрямку руху

З даних рисунків видно, що при розрахунку зупинного шляху за діючою методикою мінімальна різниця між найбільшим та найменшим значеннями складає 20%, а максимальна різниця для випадку екстреного гальмування на льоду складає 316%. Якщо прийняти рекомендовану залежність за еталонну можна виявити резерви підвищення точності моделювання при уточненні вихідних даних та самої класичної залежності. Отже, все сказане підтверджує необхідність проведення поглиблених досліджень невизначеності даних, які використовуються для рішення задач автотехнічної експертизи ДТП.

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ОБ'ЄКТИВНОСТІ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Дана робота базується на використанні теоретичного та емпіричного рівнів пізнання з метою отримання нових знань про предмет дослідження. Концепція, що розроблюється, містить способи оцінювання та зменшення невизначеності параметрів, які впливають на прийняття рішень при розслідуванні ДТП, визначені на основі систематизації та корегування отриманих і відомих знань. Для формування висновків використовуються емпіричні дані, встановлені

шляхом спостереження та вимірювання. Фундаментальною основою виконаного наукового дослідження є пошуковий експеримент з оцінки процесів функціонування системи ВАДС в розслідуванні дорожньо-транспортних пригод. На основі сформованої наукової гіпотези та розроблених теоретичних положень було отримано математичні моделі предмета дослідження та висвітлено досліджувані процеси, визначені шляхи підвищення точності та об'єктивності автотехнічної експертизи ДТП і методи їх реалізації. Результати прогнозування, що базуються на систематизації отриманих даних, перевірялись багатофакторним експериментом.

Невіддільною частиною розробки концепції є виключення суб'єктивності пояснення результатів, що передбачає несприйняття на віру неперевіраних тверджень. Забезпечення належного ступеня адекватності (валідності) результатів досліджень здійснювалось шляхом документування виконаних вимірювань і спостережень, що створює умови для критичної оцінки та додаткового підтвердження (у разі необхідності) отриманих наукових положень (рис. 6).

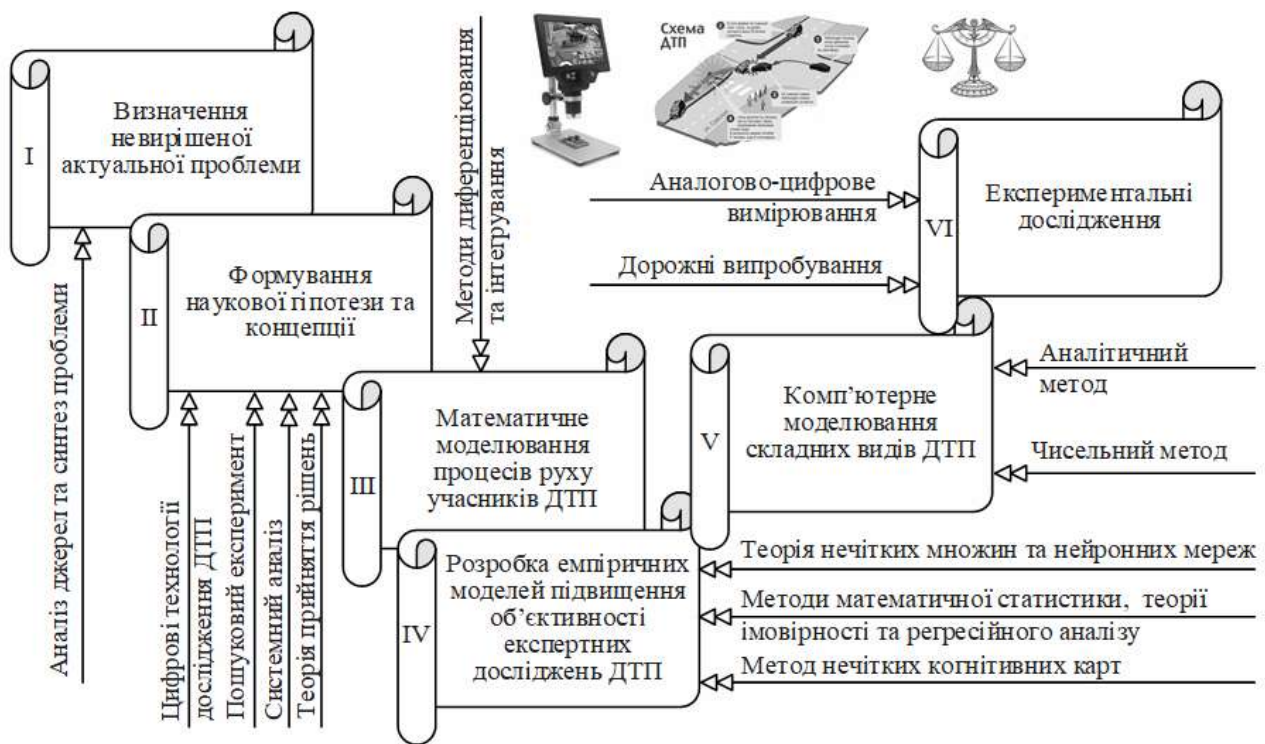


Рисунок 6 – Етапи наукового дослідження

Прийняття рішень в автотехнічній експертизі ДТП відбувається в умовах невизначеності, які характеризуються недостатньою кількістю інформації для раціональної організації дій. Якість процесу напрацювання рішень залежить від достатності врахування всіх факторів, які впливають на результат прийнятих рішень. Невизначеність можна ліквідувати повністю або частково такими шляхами: набуттям інформації, якої не вистачає; поглибленим вивченням наявної інформації.

Об'єктивність та достовірність виявлення причин ДТП залежить від діапазону значень параметрів, які описують певну дорожньо-транспортну ситуацію. Зміни значень цих параметрів впливають на результати аналізу ДТП. Виникає питання, з якою точністю ми можемо визначити значення, важливі для встановлення обставин ДТП, і наскільки задані параметри є достовірними. Це питання схематично представлено на рисунку 7.

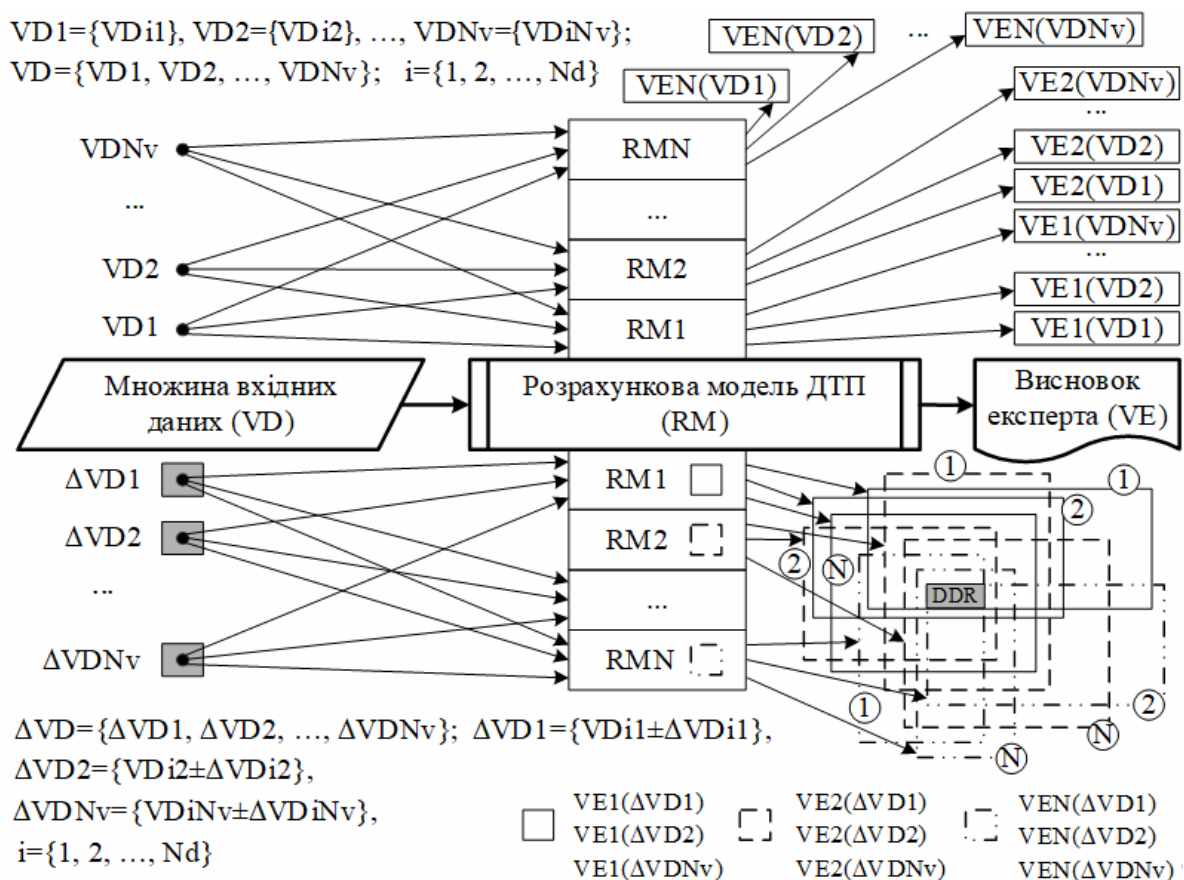


Рисунок 7 – Варіювання результатів виявлення обставин ДТП залежно від невизначеності вхідних даних

Якщо не враховувати помилки в оцінці параметрів, то маючи набір даних VD (вхідні дані можуть існувати для даної ДТС у вигляді різних множин) та обравши розрахункову модель ДТП RM можна отримати варіант експертизи VE_j . Експертний висновок може змінюватись, залежно від прийнятого набору даних VD та обраного методу аналізу RM .

Врахування різних видів невизначеності вихідних даних дозволяє розширити діапазон початкових параметрів ΔVD та перетворити розрахункове коло результатів експертизи $VE(\Delta VD)$ у величезний (але обмежений) діапазон результатів. Він може бути представлений у вигляді діапазону рішень, адекватного використаному методу аналізу та діапазону вихідних параметрів. Технічно найточніші та найбільш важливі рішення можна отримати в підмножині суми діапазонів рішення, яка визначається на основі дорогих та трудомістких експериментів.

З точки зору суду, коли діє припущення про рівноправність ставлення щодо усіх експертних питань: найдостовірнішим діапазоном рішень (DDR) можна вважати перетин усіх діапазонів рішень (див. рис. 7).

Аналіз методів прийняття рішень в практиці автотехнічної експертизи ДТП [18] показав необхідність застосування методик заснованих на традиційних математичних методах в поєднанні з використанням неперервнозначних (неперервних) логік для моделювання і реконструкції обставин виникнення аварійних ситуацій та зменшення невизначеності результатів експертизи. Тому в роботі застосовуються декілька типів моделей підвищення об'єктивності експертних досліджень ДТП: детерміновані, нейро-нечіткі, стохастичні, синтез цих моделей.

Необхідність застосування теорії нечітких множин або теорії імовірності виникає при відсутності можливості описати детерміноване поведіння об'єкта. Виникає питання, які математичні моделі аналізу причинно-наслідкових зв'язків і в яких випадках правильно застосовувати?

Очевидно, що у випадку роботи лише з детермінованими величинами, які підлягають функціональним залежностям, доцільно використовувати детерміновані математичні моделі.

У разі існування джерел виникнення випадкових величин (статистичної невизначеності) – впливу великої кількості факторів на досліджуваний об'єкт, які не враховуються моделлю, або наявності похибки вимірювань детермінованої величини, виникає необхідність застосування стохастичних моделей. Випадковий характер параметрів об'єкта в стохастичних моделях враховується шляхом встановлення математичного сподівання цих параметрів, дисперсії і закону розподілу, на основі якого формується математична модель і перевіряється гіпотеза. Тип випадкової величини (дискретна чи неперервна) визначає можливі рішення статистичної задачі. Для дискретних випадкових величин основними законами розподілу є біноміальний (розподіл Бернуллі), розподіл Пуассона, геометричний та гіпергеометричний. Для неперервних випадкових величин основними законами розподілу є нормальний (Гаусса), закон рівномірної щільності, показниковий (експоненційний) закон, закон розподілу Вейбулла. Можливі чотири випадки прийняття гіпотез щодо належності статистичних даних до певного імовірнісного закону розподілу: гіпотеза вірна і приймається; гіпотеза вірна, але помилково відхиляється (помилка першого роду, імовірність появи якої називають рівнем значущості); гіпотеза невірна і відхиляється; гіпотеза невірна, але помилково приймається (помилка другого роду). Перевірка гіпотез виконується шляхом аналізу статистичних даних і винесення попереднього судження про їх приналежність до конкретного імовірнісного закону та подальшого оцінювання правдоподібності винесеного судження.

У разі існування джерел виникнення нечіткої (лінгвістичної) невизначеності, що унеможливають чи викликають значні труднощі для застосування детермінованих і стохастичних моделей, виникає необхідність застосування теорії нечітких множин, яка описує процеси на основі законів розподілу можливостей. В сполученні з теорією нейронних мереж це дозволяє створювати нейро-нечіткі

математичні моделі здатні до самонавчання на основі накопиченого досвіду (експериментальних даних). Нечіткі множини є узагальненням булевої алгебри. Побудова моделей на нечітких множинах базується на використанні метода ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань та принципів лінгвістичності розв'язку та факторів впливу, лінгвістичності та ієрархічності експертних знань. Етапи побудови моделей: 1) структурна ідентифікація; 2) параметрична ідентифікація. Структура моделі об'єкта дослідження формується на першому етапі. Базовою основою структурної ідентифікації є експертна інформація, задана у вигляді правил нечіткого логічного висновку «якщо–то». На цьому етапі також обирається форма функцій належності нечітких термів вхідних параметрів. На другому етапі виконується оптимізація нечіткої моделі на основі експериментальних даних «входи-вихід» (навчаючої вибірки). Керованими змінними, що підлягають оптимізації, є параметри форми функцій належності та коефіцієнти вагомості нечітких правил. Процес навчання (оптимізації) моделі забезпечує максимальну наближеність результатів моделювання та експериментальних даних.

Стохастичні та нечіткі моделі дозволяють приймати рішення в умовах невизначеності, але мають різну природу побудови та опису реальних об'єктів. Функція належності (μ), яка формалізує невизначеність в теорії нечітких множин, не має нічого спільного із законом розподілу в теорії імовірності, оскільки висока ступінь можливості ніяк не означає таку ж високу ступінь імовірності. Але безперечно єдине: якщо подія неможлива, то вона також і неймовірна. Найбільш принциповою різницею між теорією імовірності і теорією можливості (табл. 1) є те, що в цих теоріях по-різному виконується аксіома доповнення. Це потребує обережності та акуратності у формалізації аналогій: математичне сподівання – «центр ваги» функції належності, дисперсія (надійний інтервал) – ступінь «розмитості» функції належності.

Концепція дослідження полягає у тому, що процес напрацювання рішень в автотехнічній експертизі ДТП потрібно розглядати не лише

як детермінований, але і як нечіткий та стохастичний процес, який потребує застосування синтезованих детермінованих, імовірнісних, регресійних та нейро-нечітких моделей з метою врахування більшості факторів, що впливають на величину невизначеності при формуванні експертних висновків.

Таблиця 1 – Взаємовідносини між теоріями

Характеристика/Теорія	Булева алгебра	Імовірність	Можливість
Область дії	Логічні твердження	σ -алгебра	Універсум U
Діапазон значень належності	[0, 1]	[0, 1]	[0, 1] або $0 < \mu < \infty$
Спеціальні обмеження	–	$\sum_{\Omega} P(u) = 1$	–
Об'єднання (диз'юнкція)	max	Σ	max
Перетин (кон'юнкція)	min	Π	min
Доповнення	–	$P(A) + P(\bar{A}) = 1$	$\pi(A) + \pi(\bar{A}) \neq 1$

Максимальну точність рішення будь-якої задачі забезпечує аналітичний метод. У разі неможливості застосувати цей метод при рішенні певної задачі, необхідно зробити припущення для спрощення процесу дослідження, або застосувати інші математичні методи: чисельні, асимптотичні, статистичні, бульові, нечітких множин, нейронних мереж тощо.

Отже, методологія оцінювання та зменшення невизначеності в задачах автотехнічної експертизи ДТП, яка запропонована у даній роботі, поєднує в собі теоретичні методи математичного моделювання, що спрямовані на підвищення точності визначення довідкових та розрахункових параметрів, та сучасні експериментальні методи дослідження ДТП, які передбачають використання новітніх цифрових технологій отримання та передачі інформації (рис. 8). Можливість застосування сучасних методів при

дослідженні ДТП вивчалася за підтримки фахівців Харківського, Вінницького та Житомирського НДЕКЦ МВС України.

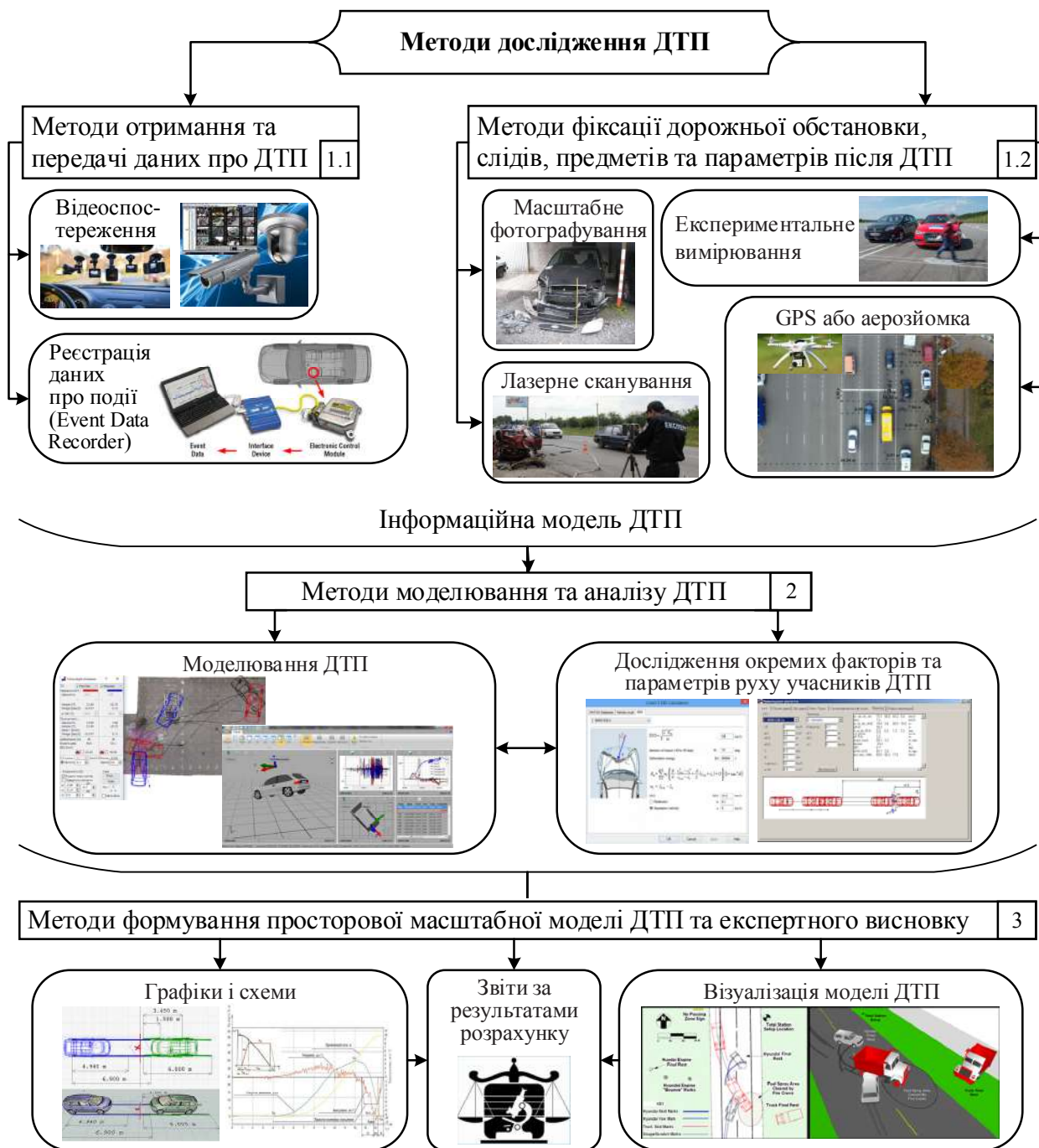


Рисунок 8 – Сучасні методи дослідження ДТП та порядок їх застосування

4. СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПІДВИЩЕННЯ ОБ'ЄКТИВНОСТІ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Однією з сучасних тенденцій розвитку САТЕ є застосування інноваційних технологій на всіх стадіях дослідження ДТП [19]. Це зумовлено необхідністю забезпечити ефективне провадження експертизи та раціональне використання ресурсів.

Комплексне застосування спеціалізованих комп'ютерних програм для встановлення механізму ДТП та автоматизованих цифрових систем для отримання вихідних даних (EDR, які дозволяють реєструвати параметри руху ТЗ до та після ДТП; комплекси лазерного сканування місця ДТП; спеціальна цифрова апаратура) можна вважати набором модулів, скомплектованим із множин стандартних модулів. Кожен з модулів, виконуючи свої функції, гарантує досягнення загальної мети інтегрованої системи. В наслідок модульності, інтегрована система забезпечує необхідний рівень якості виконання експертизи:

- комплексність дослідження;
- високу гнучкість для акомодатії до різних умов;
- економічність за рахунок зменшення витрат;
- ефективність в наслідок спроможності до автоматизації операцій однотипного характеру.

Цілком зрозуміло, що зі зростанням інтеграції розширюються евентуальні можливості системи, збільшується ступінь різноманіття та вибірності. Це, в свою чергу, викликає проблеми, пов'язані з якістю роботи системи, в тому числі, проблему формалізації ходу формування інтегрованої системи автотехнічної експертизи ДТП та оцінення її якості.

На рисунку 9 подана схема формування інтегрованої системи експертизи ДТП. Взявши за основу зміст запиту органів суду або слідства та різних обставин ДТП, формується структура інтегрованої системи та визначаються функції цієї системи. В якості мети сформованої системи можна прийняти такі чинники як забезпечення прав громадян на об'єктивне дослідження обставин ДТП, підвищення якості та об'єктивності при формуванні експертних висновків,

мінімізація витрат часу і ресурсів потрібних для проведення експертиз тощо.

Отже, задачу формування інтегрованої системи експертизи дорожньо-транспортних пригод можна сформулювати як задачу вибору необхідних модулів із сукупності стандартних модулів з метою задоволення певних вимог в окремій ситуації в конкретний час.

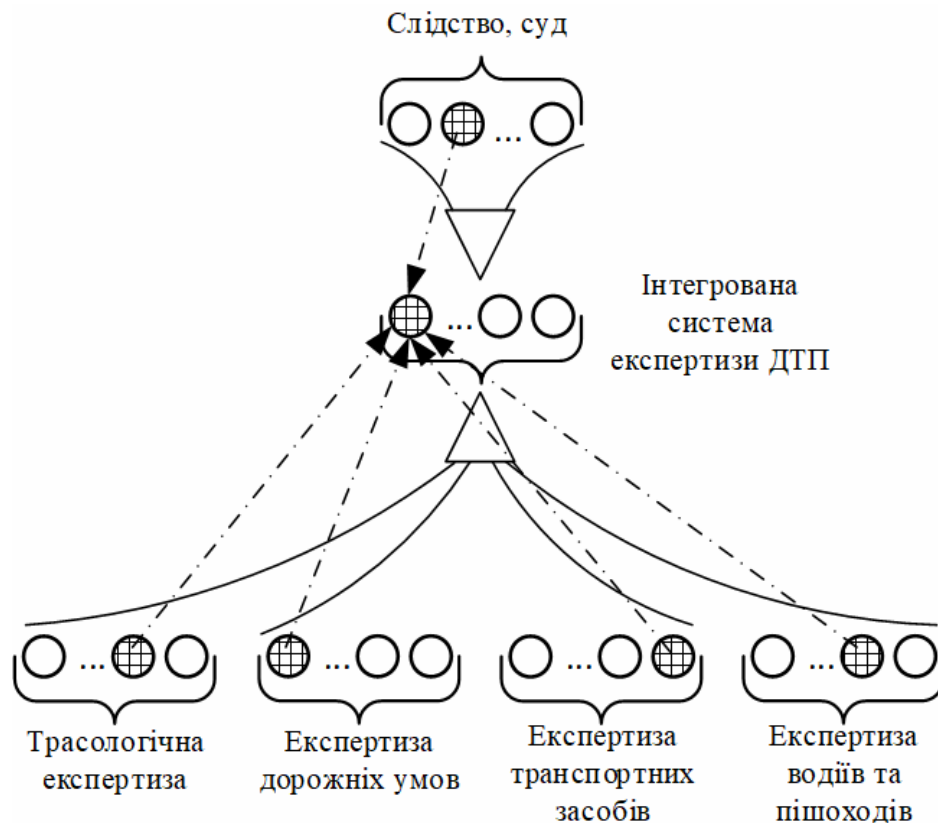


Рисунок 9 – Схема формування інтегрованої системи автотехнічної експертизи ДТП

Зміст модульного принципу полягає у можливості створення різних складних систем багатоманітного функціонального призначення з деякої кількості базових елементів-модулів. З урахуванням цього, модуль – це самостійний елемент, який забезпечує окрему функцію (функції), з певними вихідними та вхідними параметрами. Модулі можуть з'єднуватись, формуючи складні системи, замінятись та роз'єднуватись з метою отримання систем з іншими характеристиками при їх функціонуванні.

У загальному випадку, модель інтегрованої системи експертизи ДТП можна викласти в такому математичному вигляді

$$DS = \{X, F, D, t\}, \quad (1)$$

де X – множина множин стандартних модулів $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, X_1 – сукупність стандартних модулів, спроможних виконати завдання, $X_1 = \{x_{i1} | x_{i1} \in X_1; i = 1, \dots, m_1\}$;

x_{i1} – стан модуля x_{i1} множини X_1 , який змінюється за часом;

m_1 – кількість модулів в сукупності X_1 ;

X_2, \dots, X_n – відповідно множини стандартних модулів, здатних виконати завдання y_2, \dots, y_n ;

n – кількість видів завдань (кількість множин стандартних модулів);

F – цільова функція інтегральної системи;

D – сукупність вимог до системи $D = \{Y, Z\}$, де Y – сукупність вимог щодо завдань, які потрібно виконати (час, місце, обсяг та вид робіт тощо), $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, Z – сукупність вимог щодо якості системи експертизи ДТП в цілому (надійність, гнучкість, своєчасність, ефективність тощо);

t – момент формування інтегрованої системи експертизи.

Рішення задачі (1) або набір обраних модулів

$$\begin{cases} X^* = \{x_{i1}^1, x_{i2}^2, \dots, x_{in}^n\}, \\ F(X^*, t) \rightarrow \max, \\ D(X^*, t) \geq 0. \end{cases} \quad (2)$$

На рисунку 10 представлена узагальнена схема рішення задачі (2).

Модульна технологія проектування надає засоби для автоматизації компонентного формування інтегрованої системи експертизи ДТП зі стандартних модулів для любого рівня якості та складності за аналогією зі складанням автомобілів, мобільної чи комп'ютерної техніки, програмних комплексів із готових блоків, які називають комплектуючими виробами. Процес збору інформації про модулі, їх стандартизація є трудомістким та складним. Однак у подальшому це забезпечує можливість з великою швидкістю створювати нову інтегровану систему експертизи ДТП чи модифікувати її відповідно до зміни вимог та умов дослідження обставин певної ДТП.



Рисунок 10 – Узагальнена схема рішення задачі вибору структури інтегрованої системи автотехнічної експертизи ДТП

Процес формування інтегрованої системи експертизи ДТП містить такі етапи:

- інформаційний збір, розробка бази даних про модулі;
- систематизація модулів за призначенням, оцінення їх діяльності;
- дослідження потреб експертизи при встановленні обставин ДТП;
- формування вимог до системи автотехнічної експертизи;
- формування цілей і задач розроблюваної інтегрованої системи;
- визначення необхідних типів модулів, які формують структуру системи автотехнічної експертизи ДТП;
- розробка модулів, різних варіантів структури інтегрованої системи автотехнічних досліджень при експертизі ДТП;
- оцінення можливих варіантів інтегрованої системи;
- вибір оптимального варіанту;
- узгодження діяльності певних модулів та корегування.

Після виявлення сукупності вимог до інтегрованої системи АТЕ ДТП, визначення її мети та збору необхідної інформації про модулі, слідує наступний етап – генерація можливих варіантів системи. Досить часто, через нестачу трудових ресурсів та часу, а також нездатність до обробки великих обсягів інформації, експерт розглядає лише декілька варіантів з метою обрання одного з них. Ці варіанти найчастіше формуються на основі інтуїції чи досвіду спеціаліста, тому не можуть вважатися кращими з усіх можливих варіантів.

Таким чином, обраний експертом варіант є кращим з переліку розглянутих варіантів, але ні як не оптимальним. Тут рішення задачі побудови інтегрованої системи АТЕ ДТП не дає бажаного результату не через використувані методи вибору, а внаслідок існування проблеми генерації варіантів.

Формалізація методів генерації рішень є дуже важливою задачею, оскільки на практиці не завжди є можливість визначити усі допустимі варіанти. Звісно, чим більша кількість генерованих варіантів, тим імовірніше знаходження оптимального рішення задачі. На

оптимальність розв'язання задачі впливає також здатність метода видавати гарні варіанти, тобто якість метода генерації.

Для розв'язування задачі побудови інтегрованої системи АТЕ ДТП гарним методом генерації варіантів можуть бути методи морфологічного аналізу і синтезу (рис. 11) [20], запропоновані швейцарським астрофізиком Фріцем Цвікі та використані ним в астрономії та ракетобудуванні. Ці методи призначені для пошуку оптимальних рішень на основі розділення інтегрованої системи на підсистеми та елементи, утворення підмножин альтернативних варіантів реалізації певної підсистеми, комбінування різних варіантів рішення системи на альтернативній основі, вибору оптимальних варіантів рішення системи.

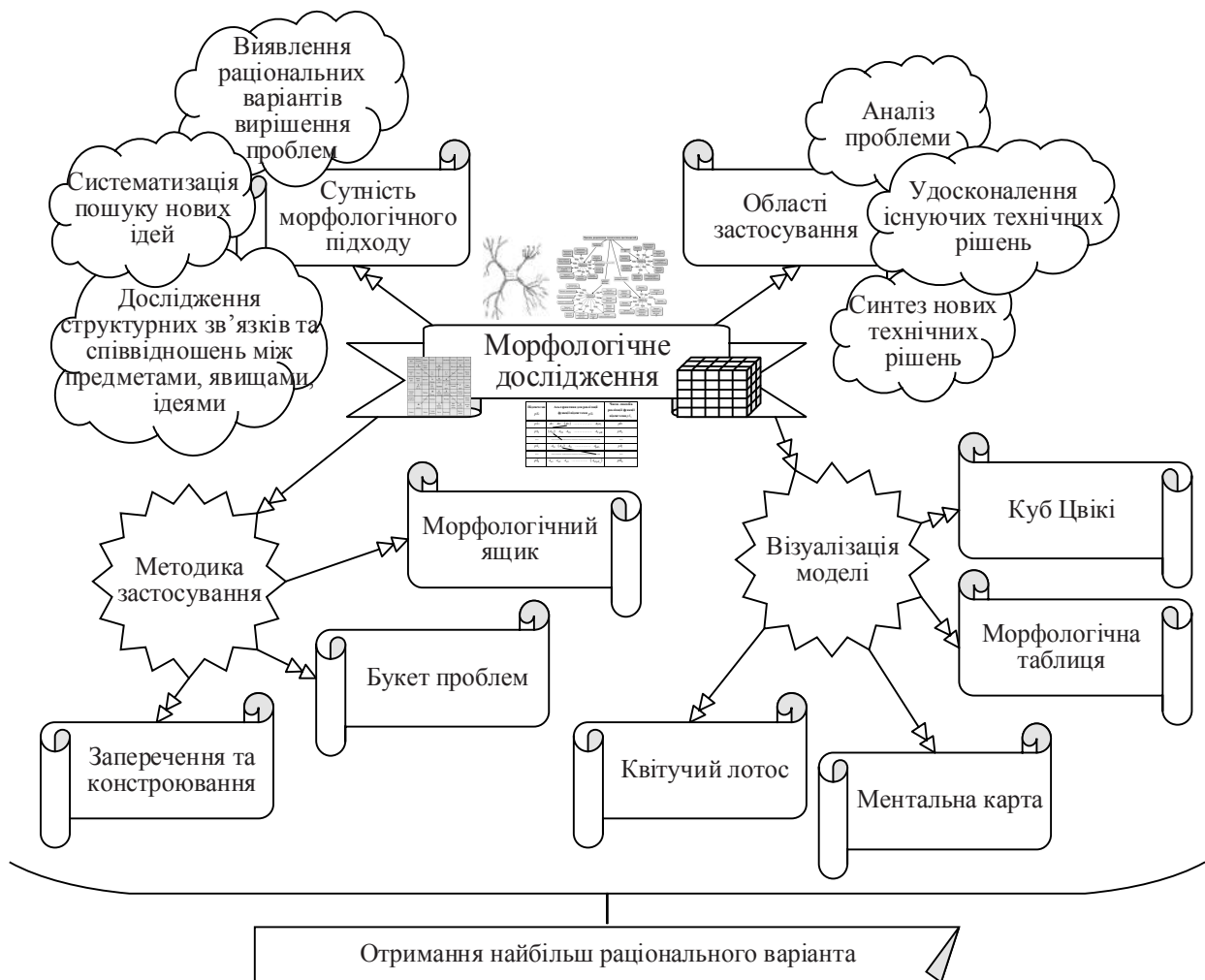


Рисунок 11 – Аспекти морфологічного дослідження

Метод морфологічного дослідження здійснюється у два етапи. На першому етапі отримують опис усіх підсистем, які стосуються дослідження, тобто класифікацію множин підсистем. Даний етап рішення задачі називається морфологічним аналізом. Другий етап передбачає формування пошукового завдання та обрання виду цільової функції, проведення оцінки описів підсистем. В кінцевому випадку вибираються ті підсистеми, які задовольняють умови задачі. Обрані підсистеми утворюють цілісну систему, доводячи до максимуму значення цільової функції.

Опис цілісної системи одержується в результаті агрегації описів підсистем з врахуванням відношень між ними, унаслідок чого другий етап називається морфологічним синтезом. Морфологічну сукупність варіантів опису системи можна подати морфологічною таблицею (табл. 2).

Таблиця 2 – Морфологічна таблиця

Підсистеми pS_i	Альтернативи для реалізації функції підсистеми pS_i	Число способів реалізації функції підсистеми pS_i
pS_1	$A_{11} A_{12} (A_{13}) \dots\dots\dots A_{1pR_1}$	pR_1
pS_2	$(A_{21}) A_{22} A_{23} \dots\dots\dots A_{2pR_2}$	pR_2
...
pS_i	$A_{i1} (A_{i2}) A_{i3} \dots\dots\dots A_{ipR_i}$	pR_i
...
pS_n	$A_{n1} A_{n2} A_{n3} \dots\dots\dots (A_{n2pR_n})$	pR_n

Перша графа морфологічної таблиці містить усі підсистеми досліджуваної системи. В другій графі вказані альтернативи для реалізації функції відповідної підсистеми. Сформований варіант системи є вибіркою альтернатив з кожного рядка морфологічної таблиці. Таким чином, кожний цілісний варіант системи відрізняється від іншого варіанту її реалізації хоча б одною альтернативою. Лініями

в таблиці з'єднані альтернативи з метою демонстрації одного з можливих варіантів досліджуваної системи. Визначення загального числа можливих варіантів системи здійснюють так

$$N = pR_1 \cdot pR_2 \cdot \dots \cdot pR_n = \prod_{i=1}^n pR_i. \quad (3)$$

Методи морфологічного аналізу та синтезу реалізуються в декілька етапів (рис. 12):

1) Визначається вихідна мета задачі, формуються вимоги до синтезованої системи.

2) Виконується розробка морфологічної таблиці. Насамперед виділяється головна функція системи. Далі встановлюються підфункції першого рівня, які гарантують виконання головної функції системи. Потім кожна підфункція першого рівня розглядається як незалежна функція і поділяється на підфункції другого рівня. Аналогічно виконується поділ підфункції другого рівня на підфункції третього рівня і так далі на наступних рівнях. Рівень поділу (декомпозиції) залежить від вимог конкретної задачі. На базі виконаного аналізу формуються рядки морфологічної таблиці, які містять функції системи.

3) Встановлюється відносний ступінь якості критеріїв з метою визначення їх значимості під час оцінювання варіантів.

4) В морфологічну таблицю вносяться альтернативи, отримані для конкретного випадку з різних джерел інформації.

5) Оцінюються властивості альтернатив морфологічної таблиці. Вони, як правило, характеризуються рівнем якості виконання певної функції, який визначається на альтернативній основі за різними критеріями.

6) Реалізується процес пошуку оптимальних варіантів в морфологічній множині, при цьому доводиться до максимуму мультиплікативна або адитивна цільова функція. В даному випадку під пошуком розуміють послідовність операцій вибору підсистем, які

утворюють синтезований цілісний варіант, та операцій оцінки його якості.

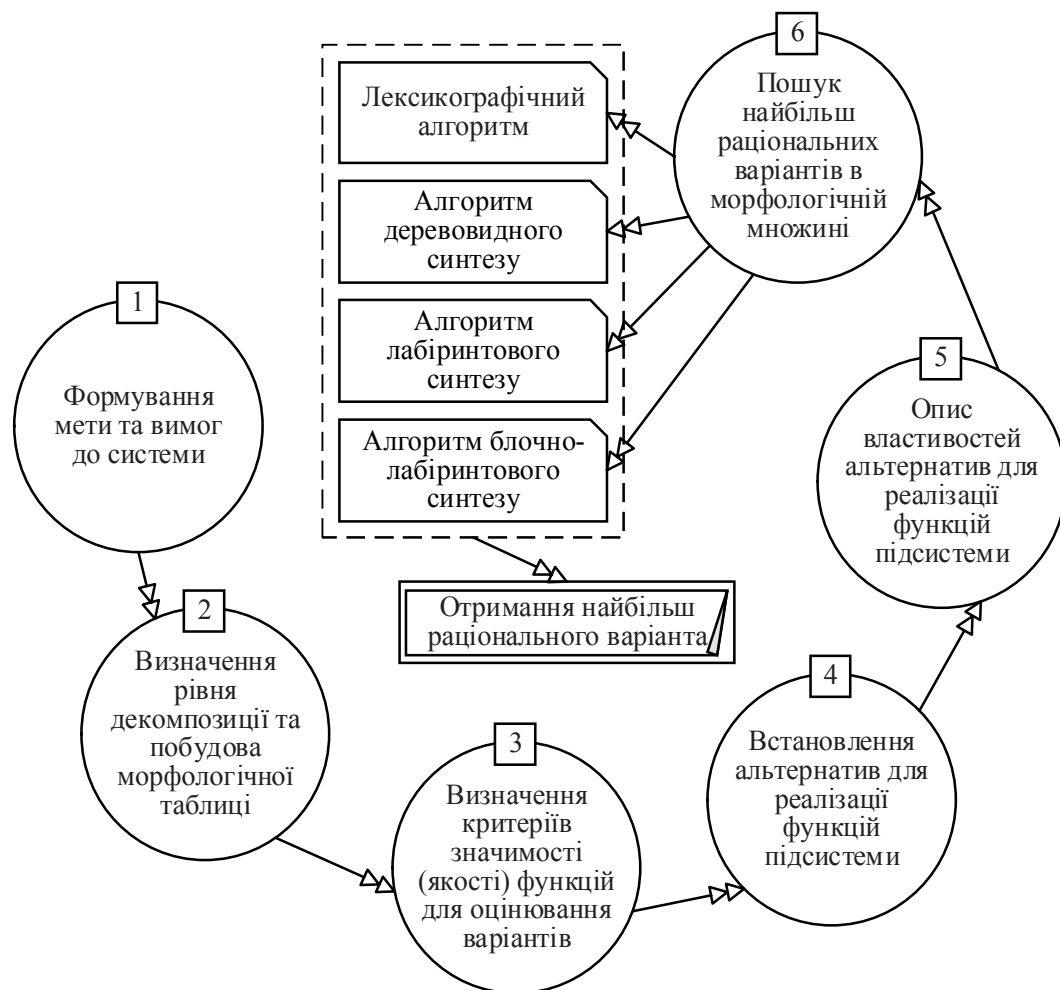


Рисунок 12 – Етапи реалізації морфологічного дослідження

Процедура пошуку варіантів може використовувати такі алгоритми [14, 21]: лексикографічний алгоритм; морфологічний алгоритм лабіринтового синтезу; морфологічний алгоритм деревовидного синтезу; морфологічний алгоритм блочно-лабіринтового синтезу.

Проаналізуємо ці алгоритми та їх особливості більш докладно.

Лексикографічний алгоритм виконується шляхом послідовного перебирання усіх варіантів на базі принципу лексикографічного упорядкування. Беруться до уваги усі можливі варіанти системи. Загальне число варіантів визначається декартовим добутком множин альтернатив, що мають відношення до кожної функції системи (3).

Цей алгоритм гарантує розгляд усіх можливих варіантів системи. Однак затрати часу на розрахунок достатньо великі, оскільки потрібно опрацювати велику кількість варіантів.

Кроки реалізації морфологічного алгоритму деревовидного синтезу такі:

1. Рядки морфологічної таблиці послідовно розміщують за значимістю.

2. Виконується синтез усіх парних сполучень альтернатив, які містять найбільш значимі рядки таблиці. Отримані парні комбінації альтернатив ранжуються за критеріями якості та обирається оптимальний варіант.

3. Виконується сполучення варіанта, відібраного на попередньому кроці, з альтернативами чергового рядка таблиці за значимістю. Отримані комбінації, які містять три, чотири і більше альтернатив, також досліджуються. Виявляється оптимальний варіант.

4. Синтез триває з кроку 3 до вичерпання всіх альтернатив системи і отримання цілісного варіанта – рішення задачі.

Цей алгоритм суттєво зменшує число операцій порівняно з попереднім алгоритмом.

Деревовидний алгоритм лежить в основі морфологічного алгоритму лабіринтового синтезу. Різницею між алгоритмами є те, що в процесі пошуку кожен крок супроводжується вибором не одного, а n самих якісних сполучень альтернатив. Оптимальний варіант з цих сполучень знаходить застосування на наступному кроці, а інші $(n - 1)$ варіантів резервується.

Коли на k -му кроці відсутнє задовільне сполучення, розглядаються усі комбінації оптимального сполучення, отриманого на попередньому $(k - 1)$ -му кроці, з альтернативами поточного рядка таблиці (k -ї функції) A_{kj} , то перевіряються сполучення усіх $(n - 1)$ варіантів, зарезервованих на $(k - 1)$ -му кроці з усіма альтернативами A_{kj} . У разі незадовільності усіх сполучень в цьому випадку, здійснюється повернення на $(k - 2)$ -й крок для перегляду усіх

зарезервованих варіантів $(k - 2)$ -го кроку. Процедура повернення може тривати аж до перегляду залишених у резерві варіантів морфологічної таблиці.

Дякуючи ітераційному процесу повернення до попереднього кроку, морфологічний алгоритм лабіринтового синтезу дозволяє підвищити імовірність одержання найкращого варіанта проектованої системи, що задовольняє усі висунуті вимоги.

Декомпозиція синтезованої системи на окремі елементи морфологічної таблиці виконується у разі реалізації морфологічного алгоритму блочно-лабіринтового синтезу. Насамперед виконується синтез окремих елементів, а з рештою формується цілісна система на основі синтезу елементів. Виконаємо аналіз кроків даного алгоритму.

1. Виконується декомпозиція морфологічної таблиці на елементи, кожний елемент може включати декілька підсистем.

2. Виконується синтез оптимальних варіантів в кожному елементі (блоці). Якщо блок містить одну підсистему, то із сукупності альтернатив обираються найкращі. Якщо блок складається з декількох підсистем, то пошук виконується за морфологічним алгоритмом лабіринтового синтезу. Декілька кращих варіантів для подальшого аналізу виділяється для кожного блоку.

3. Будується нова морфологічна таблиця, яка має меншу розмірність ніж вихідна. Кількість рядків цієї таблиці приймається рівною числу блоків. Альтернативи нової таблиці це виділені на попередньому кроці варіанти.

4. Здійснюється синтез на новій морфологічній таблиці за лабіринтовим алгоритмом з метою пошуку цілісного варіанту системи.

Використання цього алгоритму дозволяє звести рішення задачі морфологічного аналізу до меншої розмірності.

Аналіз використовуваних алгоритмів та методу розв'язування задачі морфологічного синтезу приводить до висновку про можливість його застосування для утворення варіантів під час рішення задачі формування інтегрованої системи АТЕ дорожньо-

транспортних пригод. У разі використання цього методу слід враховувати такі особливості:

1) уявлення про підсистему морфологічного методу збігається з поняттям функції сукупності стандартних модулів задачі формування системи АТЕ ДТП. Аналогічно альтернативи реалізації підсистеми можна вважати модулями, що належать до згаданої вище сукупності;

2) в основі методу морфологічного синтезу лежать два припущення:

– модулі, які належать до певної підсистеми, можна оцінювати незалежно від модулів, які належать до інших підсистем. Однак, модулі інтегрованої системи АТЕ ДТП часто взаємопов'язані. Досить часто якість функціонування одного модуля може безпосередньо позначатися на якості функціонування інших модулів. В таких випадках потрібно оцінювати не якість окремих модулів, а якість цілісного варіанта системи;

– оптимальний варіант системи містить кращі підсистеми. Отже при виборі варіантів в методі застосовують мультиплікативний чи адитивний вид цільової функції. Під час розробки інтегрованої системи АТЕ ДТП набір найкращих модулів не завжди дає оптимальний результат. Таким чином, не всі критерії оцінювання якості модулів синтезуються шляхом простого додавання чи множення на завершальному етапі оцінення оптимального варіанта;

3) у разі застосування лексикографічного алгоритму для пошуку варіації, оцінювання якості певного варіанта проводиться тільки після його остаточного формування, інакше кажучи у разі визначення усіх модулів, що входять в цілісний варіант. Морфологічні алгоритми лабіринтового, блочно-лабіринтового та деревовидного аналізу відрізняються від лексикографічного алгоритму порядком оцінювання відповідності синтезованого варіанта вихідній меті задачі виконується безпосередньо в ході побудови шуканого варіанта при включенні модуля в цілісний варіант. Є критерії, які не мають мультиплікативної або адитивної властивості чи такі, що визначаються тільки після закінчення формування варіанта. Із цієї причини можна зробити висновок про неможливість використання

морфологічних алгоритмів у класичному вигляді для створення варіантів синтезу системи АТЕ ДТП. Рішення цієї проблеми можливе при зміні умови задачі морфологічного аналізу. Типи критеріїв, які застосовуються для оцінювання якості проектованої системи такі (рис. 13):

– критерії за якими оцінюють якість виконання функції системи модулями (інформаційні, технічні, людські, технічна готовність машин та обладнання, фінансові ресурси, інформативність, імідж тощо);

– критерії за якими оцінюють якість цілісної системи, які визначаються шляхом додавання чи множення проміжних значень безпосередньо під час формування варіанта системи (часові витрати, вартість тощо).

– критерії за якими оцінюють якість цілісної системи, які визначаються коли варіант системи вже остаточно сформовано (час проведення експертизи, сумісність, комплексність тощо).



Рисунок 13 – Типи критеріїв оцінювання якості синтезованої системи

Позначимо типи критеріїв відповідно K_F , K_{S1} , K_{S2} . Морфологічна таблиця в цьому випадку приймає нову структуру (табл. 3). Різницю видів критеріїв потрібно врахувати при розробці алгоритму синтезу інтегрованої системи АТЕ ДТП.

Таблиця 3 – Морфологічна таблиця, що використовується при синтезі системи АТЕ дорожньо-транспортних пригод

Критерій оцінювання якості системи	Функція F_i	Критерій оцінювання якості модуля	Модулі для реалізації функції F_i	Число модулів
	F_1	K_{F1}	M_{11} (M_{12}) M_{13} ... M_{1pR1}	pR_1
K_{S1}	F_2	K_{F2}	M_{21} M_{22} (M_{23}) ... M_{2pR2}	pR_2

	F_i	K_{Fi}	(M_{i1}) M_{i2} M_{i3} ... M_{ipRi}	pR_i
K_{S2}
	F_n	K_{Fn}	M_{n1} M_{n2} M_{n3} ... (M_{npRn})	pR_n

4) в практичній діяльності зустрічаються випадки, коли установа здатна виконувати дві-три морфологічної таблиці. В такому разі її розглядають одночасно як декілька самостійних модулів несхожих функцій, враховуючи їх єдність під час оцінювання певних критеріїв (місце роботи модуля, імідж модуля, сумісність системи тощо);

5) існують випадки коли для виконання однієї функції системи потрібні ресурси декількох модулів.

Отже, методика синтезу інтегрованої системи АТЕ ДТП з урахуванням відмічених особливостей морфологічного метода та процедури створення варіантів експертної системи містить такі етапи (рис. 14):

1. Виконується прелімінарне скорочення початкової морфологічної таблиці. Для кожного рядка таблиці перевіряються усі існуючі модулі за критеріями типу K_F . У разі невідповідності вимогам щодо реалізації певної функції модуль видаляється з таблиці. Якщо скорочення призводить до виникнення пустого рядка (відсутності модуля, який може окремо виконувати функцію), то виконується перегляд вимог до модулів або формування комбінованих модулів, які перевіряються на здатність задовольнити вимоги.

2. Для усіх парних сполучень модулів, розміщених в двох перших рядках таблиці, виконується синтез. Здійснюється ранжування отриманих парних комбінацій модулів та оцінення за критеріями типу K_{S1} . Найкращий варіант з цих комбінацій використовується на наступному етапі, решта резервується.

3. Отриманий на попередньому етапі варіант сполучається з модулями наступного рядка таблиці. Згенеровані комбінації також ранжуються та оцінюються за критеріями типу K_{S1} . Виконується вибір найкращого варіанту для наступного етапу синтезу.

4. Для наступних рядків таблиці повторюються дії етапу 3. У разі незадовільної комбінації за критеріями типу K_{S1} на k -му кроці (розглядаючи усі комбінації отриманого на $(k-1)$ -му кроці з модулями k -го рядка), використовуються послідовно по одному зарезервовані варіанти $(k-1)$ -го кроку з метою отримання комбінацій з модулями k -го рядка до появи задовільних комбінацій. Якщо задовільної комбінації не буде знайдено, то повертаються на $(k-2)$ -й крок. Процес повернення може тривати аж до ревізії варіантів, зарезервованих на першому рядку морфологічної таблиці.

У разі досягнення процедурою синтезу останнього рядка таблиці, згенеровані цілісні варіанти перевіряються критеріями типу K_{S1} та K_{S2} . В цьому місці можуть бути два напрямки подальшого рішення задачі:

1) здійснюється вибір найкращого варіанта серед згенерованих цілісних варіантів і рішення задачі на цьому закінчується. Цей напрямок використовується у разі обмеження час на рішення задачі, але результат не є оптимальним;

2) підвищення імовірності генерації найкращого варіанта синтезованої системи АТЕ ДТП шляхом розширення кола досліджуваних цілісних варіантів системи. У цьому випадку здійснюється перегляд зарезервованих на попередніх етапах варіантів комбінацій. Процес повернення призупиняється в таких випадках:

– отримується цілісний варіант, що на думку експерта задовольняє всі вимоги;

- коли число генерованих цілісних варіантів на думку експерта стає критичним;
- якщо ресурси часу для рішення задачі є обмеженими.

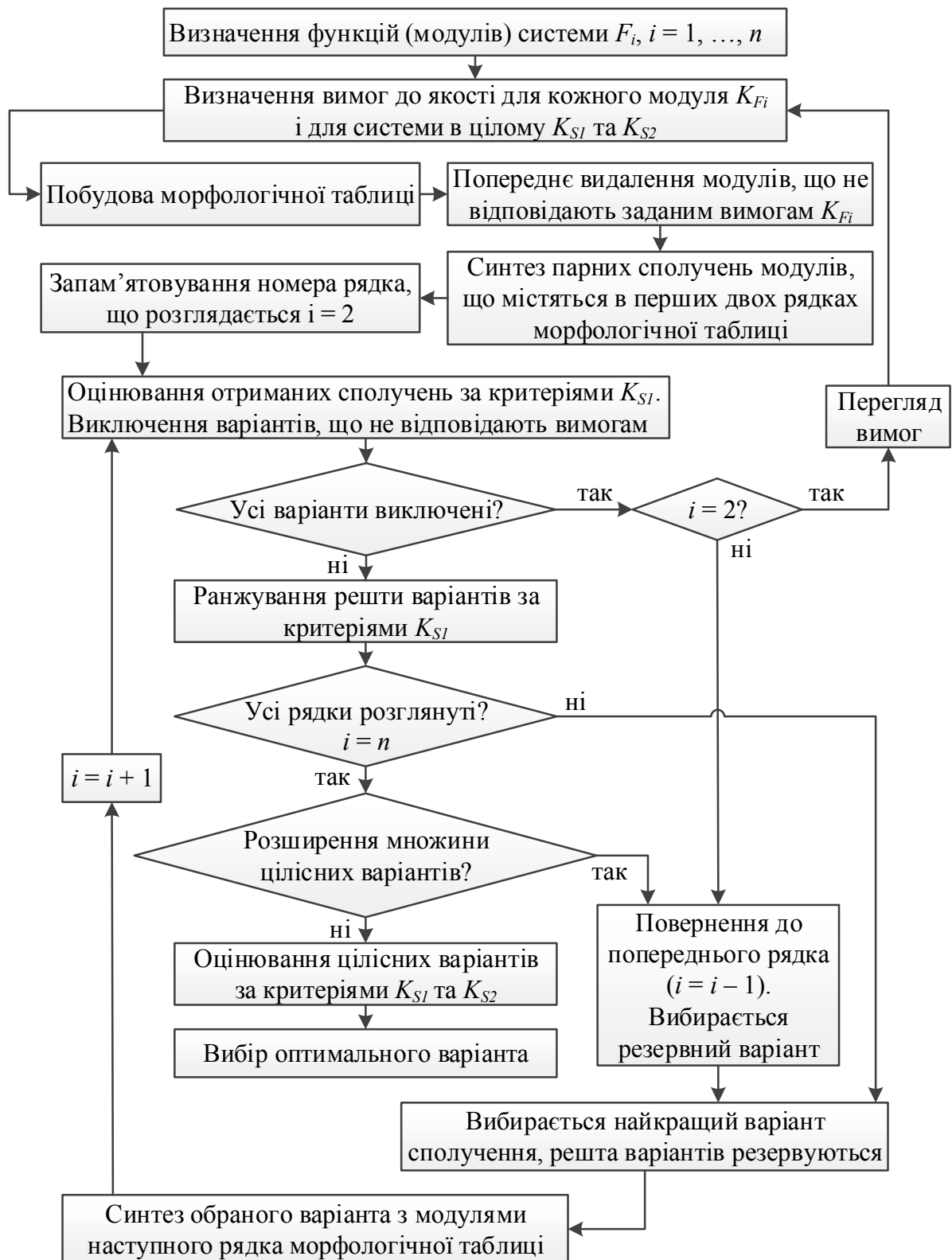


Рисунок 14 – Морфологічний алгоритм синтезу системи АТЕ ДТП

Отже, розроблений алгоритм синтезу інтегрованої системи експертизи ДТП (рис. 14) можна рекомендувати до застосування при наявності достатньо повної інформації про дорожньо-транспортну ситуацію та стандартні модулі. Він дає рішення максимально наближене до вимог поставленої задачі, підвищує ефективність експертного оцінювання механізму дорожньо-транспортних пригод, забезпечує високу гнучкість системи у разі зміни умов її функціонування.

5. ЕТАПИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЕКСПЕРТНОГО АНАЛІЗУ ОБСТАВИН ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Специфіка ДТП визначає рівень складності встановлення причинно-наслідкових зв'язків між діями учасників дорожнього руху, причетних до аварійної ситуації, та їх наслідками. В таких ситуаціях при проведенні САТЕ необхідно враховувати велику кількість факторів, що забезпечують можливості експертного аналізу обставин ДТП, в тому числі використання сучасних інструментальних засобів отримання вихідних даних та спеціалізованого програмного забезпечення для їх обробки.

Процес експертного аналізу обставин ДТП (її причин, механізму та наслідків) складається з множини підпроцесів, пов'язаних з обміном та обробкою інформації за певними алгоритмами. Інформаційний простір експертного аналізу обставин ДТП складається з баз знань та навичок роботи з ними, об'єктів просторово-слідової інформації, інформації на природніх носіях (речової інформації), інформаційного поля інструментальних засобів виконуваних досліджень.

На основі виконаних вище досліджень та аналізу відповідної технічної літератури [4, 5, 11-13, 16-19] можна зробити висновок, що експертизі ДТП, як виду діяльності людини, що постійно розвивається, властиві такі тенденції:

- максимальна автоматизація процесу збору, обробки, зберігання та передачі даних з місця ДТП з використанням комп'ютерної техніки, фотограмметрії, технологій GPS, лазерного сканування; підвищення точності первинних вимірювань на місці

ДТП (в тому числі за рахунок участі в них експертів); зберігання отриманих даних у форматі *.dwg для розширення кола використання різного програмного забезпечення;

- підвищення точності та достовірності математичного моделювання процесів ДТП за рахунок застосування сучасних комп'ютерних засобів та програмних продуктів;

- використання енергетичних методів реконструкції ДТП, що базуються на складних просторових математичних моделях (в тому числі міцнісних та деформаційних), розроблених на основі методу кінцевих елементів;

- використання в дослідженнях результатів стендових і натурних краш-тестів, імовірнісних та нейро-нечітких оцінок зміни розрахункових параметрів руху учасників ДТП, забезпечення наочності висновків;

- алгоритмізації процесів експертного аналізу обставин ДТП (в тому числі раніше створених та удосконалюваних і доповнюваних по наш час).

Дані тенденції потребують підвищення кваліфікації експертів та їх переходу від інженерного рівня діяльності та використання методів розв'язування поставлених задач до наукового, що супроводжується збільшенням обсягів обробки інформації та освоєнням технологій експертного аналізу обставин ДТП з використанням сучасної інструментальної бази та програмного забезпечення.

На рисунках 15, 16 представлені структурні схеми процесу експертного аналізу обставин ДТП, які враховують використання сучасних досягнень в області інструментального, інформаційного та програмного забезпечення процедур їх дослідження.

Наведені структурні схеми відображають зміст етапів експертного аналізу обставин ДТП – підпроцесів отримання, обробки і подання інформації. Вони містять інноваційні для України елементи (позначені *) інформаційної обробки, моделювання та аналізу ДТП. На даний час в світі існує багато програм, які застосовуються для аналізу ДТП та дозволяють реалізувати відмічені інновації, але в Україні вони майже не використовуються, що обмежує можливості реалізації поданого алгоритму (рис. 15, рис. 16).

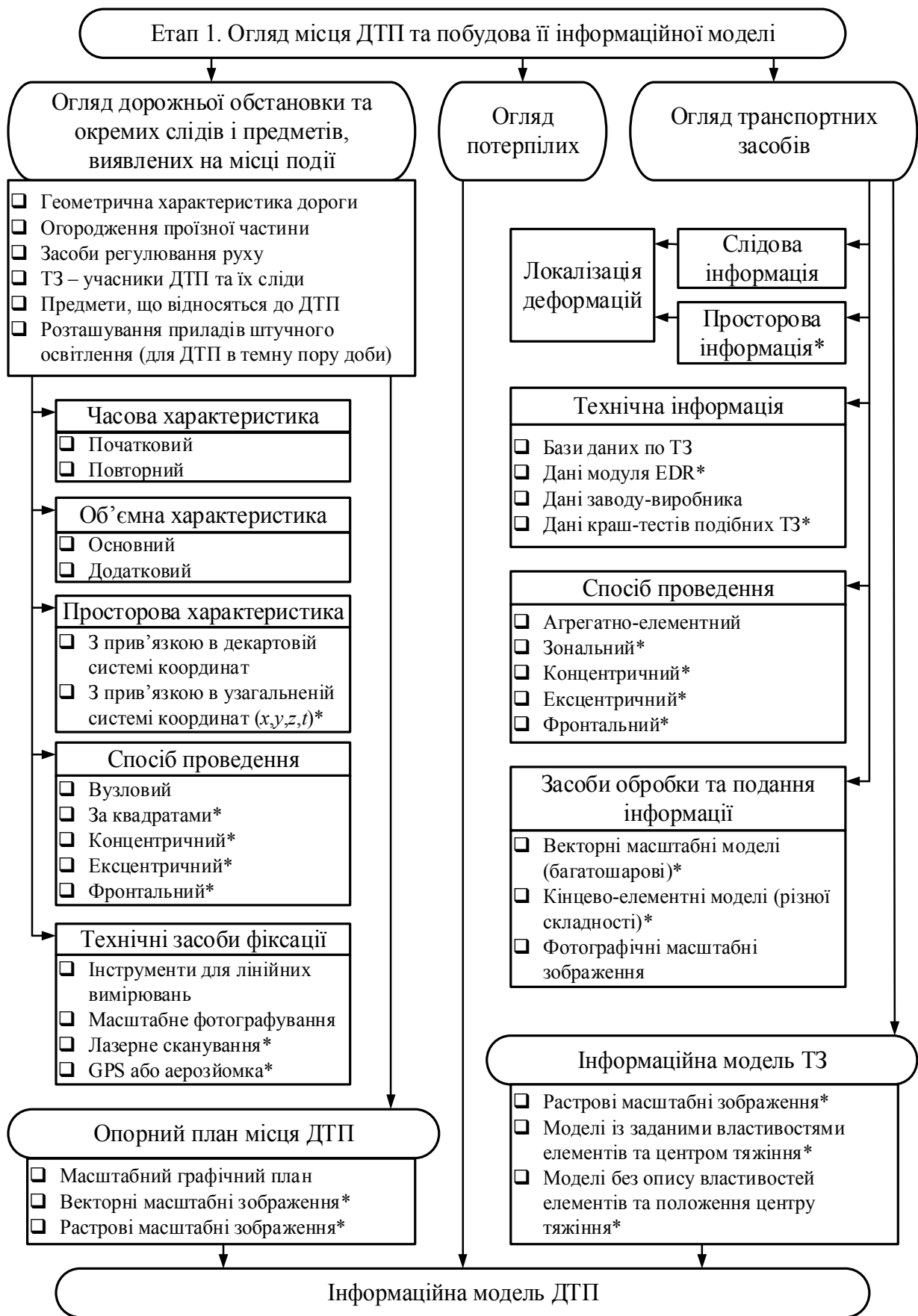


Рисунок 15 – Уточнена типова структура огляду місця ДТП та побудови її інформаційної моделі

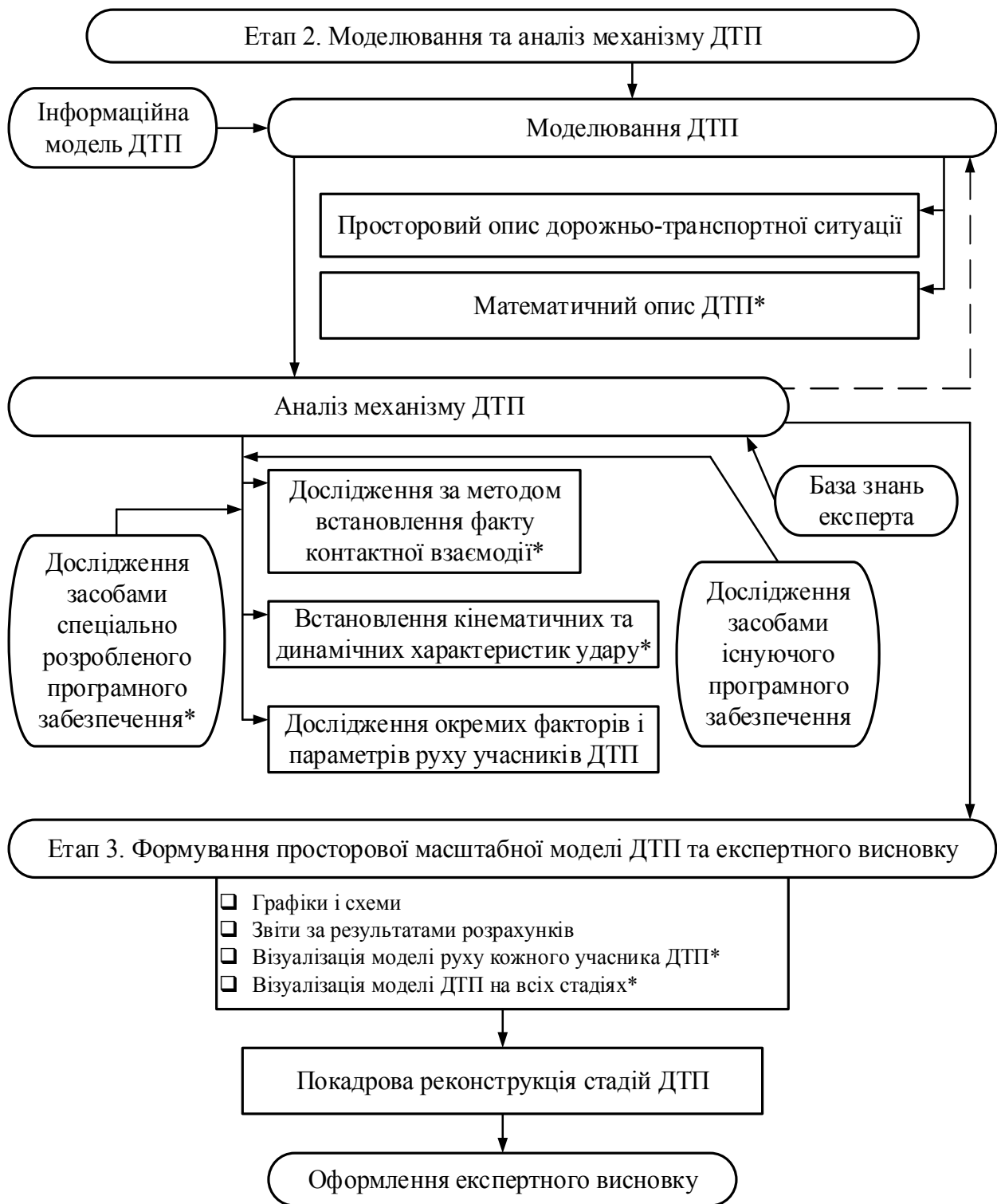


Рисунок 16 – Уточнена типова структура моделювання та аналізу ДТП, формування експертного висновку

Багатоманіття видів ДТП, складність та відсутність необхідних сформованих понять про кожен з них, необхідність в швидкій та якісній реакції на скоєні ДТП з боку органів нагляду та дізнання, збереженість високого рівня необ'єктивності експертів в оціненні

обстановки перед ДТП і прийнятих рішеннях, високий інформаційний об'єм експертно-аналітичної діяльності та недостатній рівень використання в ній комп'ютерного забезпечення призводить до необхідності постановки та вирішення завдань автоматизації досліджень в АТЕ ДТП, як засобу покращення суворості формалізації елементів його процесу, уніфікації використовуваного математичного апарату, програм та алгоритмів, майже повної автоматизації процедур.

За останні роки комп'ютерна техніка знайшла широке використання у виконанні низки експертних досліджень, які проводяться при розслідуванні найрізноманітніших злочинів. Безпосереднє застосування комп'ютерів в судовій експертизі здійснюється в таких напрямках: математизація окремих ланок експертного дослідження; дослідження речових доказів на основі повної автоматизації; створення діалогових систем. У САТЕ з'явилися методики комп'ютерного моделювання і дослідження механізму аварійних ситуацій, встановлення місця зіткнення ТЗ, оцінки ДТС тощо.

Один з перспективних напрямків покращення процедур виконання автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод пов'язаний з використанням електронно-обчислювальних машин. Метою цього напрямку є автоматизація експертних досліджень шляхом виконання певних етапів без участі експертів. Значимість автоматизації АТЕ ДТП визначається тим, що вона є базисом забезпечення стабільно високої якості експертиз аварійних ситуацій, підвищення продуктивності праці експертів та суттєвого скорочення строків виконання експертиз.

Під час розв'язування задач АТЕ дорожньо-транспортних пригод напрацювання рішень здійснюється в умовах неповноти інформації, а отже в умовах невизначеності, тому розробка концептуальних засад підвищення ефективності автотехнічних експертиз ДТП базувалась на використанні теорії нечітких множин та нейронних мереж (див. п. 3).

Комплексне використання спеціалізованого комп'ютерного забезпечення для встановлення механізму ДТП та автоматизованих систем доекспертного розрахунку і вимірювання початкових

параметрів (реєстратори даних про події, які фіксують показники руху автомобілів до та після ДТП; комплекси лазерного сканування місця аварії; спеціальна цифрова апаратура) можна вважати набором модулів, який складається із сукупності стандартних модулів (див. п. 4). Кожний окремих модулів, що виконує свої функції, вносить вклад в досягнення загальної мети інтегральної системи АТЕ ДТП. Модульність інтегрованої системи є основою забезпечення якості виконання експертизи: спроможності до адаптації в різних умовах, забезпечення комплексності виконаних досліджень; підвищеної ефективності процесів та високої економічності процедур.

Подана концепція удосконалення технологій експертного аналізу обставин ДТП повинна реалізовуватись в декілька етапів, на короткострокову (2-4 роки), середньострокову (6-8 років) та довгострокову перспективу (10-15 років). При цьому повинно враховуватись діюче законодавство України та програми з підвищення рівня безпеки руху на транспорті, які базуються на Національній транспортній стратегії України та забезпечуватись належне фінансування:

Етап 1. Удосконалення існуючих експертних методів шляхом впровадження нової вимірювальної апаратури, автоматизації збору вихідних даних та формування інформаційної моделі дорожньо-транспортної пригоди, широкого використання спеціалізованого комп'ютерного забезпечення для моделювання та аналізу механізму ДТП, візуалізації його моделі (короткострокова перспектива).

Етап 2. Покращення існуючих експертних методів дослідження обставин аварійних ситуацій з урахуванням можливостей автоматизації процесів фіксації вихідних характеристик скоєної дорожньо-транспортної пригоди на основі інформації з бортових систем реєстрації даних про події (EDR-модулів) автомобілів (середньострокова перспектива).

Етап 3. Розробка нових методів експертизи ДТП, запровадження інтегральної (комплексної інформаційної) системи автотехнічної експертизи ДТП та системи багатокритеріального оцінювання якості варіанта її реалізації, запропонованих автором в [22] (довгострокова перспектива).

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ

- [1] Road traffic injuries. World Health Organization. Веб-сайт. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>
- [2] Road accidents. OECD Data. Веб-сайт. URL: <https://data.oecd.org/transport/road-accidents.htm>
- [3] Статистика. Патрульна поліція України. Веб-сайт. URL: <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/>
- [4] Кашканов А. А., Грисюк О. Г. Безпека руху автомобільного транспорту: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2005. 177 с.
- [5] Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2018. 160 с.
- [6] Інструкція про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень. Наказ Міністерства юстиції України 08.10.98 № 53/5 (у редакції наказу Міністерства юстиції України від 26.12.2012 № 1950/5 зі змінами № 1350/5 від 27.07.2015, № 1420/5 від 26.04.2017).
- [7] Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень (у редакції наказу Міністерства юстиції України від 26.12.2012 № 1950/5 зі змінами № 1350/5 від 27.07.2015).
- [8] Закон України «Про судову експертизу». Документ № 4038-ХІІ. Поточна редакція від 01.01.2022 : веб-сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12#Text>
- [9] Pacejka H.B. Tyre and vehicle dynamics. 3rd Ed. Butterworth-Heinemann, Elsevier. 2012. DOI: 10.1016/C2010-0-68548-8
- [10] Jazar R.N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. 2nd Ed. NY: Springer, USA. 2014. DOI: 10.1007/978-1-4614-8544-5
- [11] Brach M., Brach R. Vehicle Accident Analysis and Reconstruction Methods. SAE International, 2011. 442 p.
- [12] Wach W. Calculation reliability in vehicle accident reconstruction. Forensic Science International. 2016. Vol. 263, P. 27-38, DOI: 10.1016/j.forsciint.2016.03.038

- [13] Кашканов А. А. Методика оцінювання і зменшення невизначеності в задачах автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод. Вісник машинобудування та транспорту. 2020. №1(11). С. 71-78. DOI: 10.31649/2413-4503-2020-11-1-71-78
- [14] Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології прийняття рішень: монографія. К.: ТОВ «Маклаут», 2008. 444 с.
- [15] Васілевський О. М., Кучерук В. Ю., Володарський Є. Т. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручник. Вінниця : ВНТУ, 2015. 230 с.
- [16] Туренко А. М., Клименко В. І., Сараєв О. В., Данець С. В. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підручник для вищих навчальних закладів. Харків : ХНАДУ, 2013. 320 с.
- [17] Struble D. E. & Struble J. D. Automotive Accident Reconstruction: Practices and Principles (2nd ed.). CRC Press, London. 2020. DOI: 10.1201/9781003008972
- [18] Кашканов А. А. Математичні методи обґрунтування рішень в автотехнічній експертизі дорожньо-транспортних пригод. Автомобільний транспорт. 2018. №43. С. 78-89. DOI: 10.30977/АТ.2219-8342.2018.43.0.78
- [19] Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. European Network of Forensic Science Institutes.
- [20] Zwicky F. Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach. McMillan, 1969.
- [21] Hoffmann A. G. Paradigms of Artificial Intelligence: a methodological and computational analysis. Singapore: Springer-Verlag, 1998. 234 p.
- [22] Кашканов А. А. Методика багатокритеріального оцінювання якості розслідування та проведення автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. 2012. № 3(62). С.68–73.