

УДК: 656.13.072

к.т.н., професор Рейцен Є.О., Смоляренко О.Т.,  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## СИСТЕМНИЙ АУДИТ ОБ'ЄКТІВ ІНЖЕНЕРНО–ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*Виділено поняття «інженерно–транспортна інфраструктура» та «експертна система». Наведені класифікації ІТІ і способи раціональних досліджень суб'єктивних факторів, що діють на безпеку руху при проведенні аудиту. Проаналізовано сучасні проблеми, що впливають на безпеку руху з відповідними висновками.*

*Ключові слова: системний аудит, інженерно-транспортна інфраструктура (ІТІ), експертна система, безпека руху.*

У 2011 році в Україні був прийнятий Закон «Про регулювання містобудівної діяльності», який ввів термін **інженерно–транспортна інфраструктура**.

*Інженерно – транспортна інфраструктура (ІТІ)– комплекс інженерних, транспортних споруд і комунікацій. [1]*

Приведемо класифікацію ІТІ:

1. Вулично – дорожня мережа (у т.ч. підходи автодоріг до міст);
2. Зовнішній транспорт:
  - 2.1 Аеропорти (аеровокзали);
  - 2.2 Залізничний вокзал (станції електрички, товарні станції);
  - 2.3 Річковий вокзал (морський порт);
  - 2.4 Об'єкти автосервісу на підходах до міста (мотелі, стоянки, АЗС, логістичні центри).
3. Маршрутна мережа МПТ, зупинки, рухомий склад, транспортні засоби.
4. Обслуговуючі об'єкти.
5. Об'єкти автосервісу:
  - 5.1 АЗС, АЗК;
  - 5.2 СТО;
  - 5.3 Мийки;
  - 5.4 Вантажні термінали;
  - 5.5 Гаражі;
  - 5.6 Стоянки (паркінги).
6. Транспортні розв'язки, пішохідні переходи, вело доріжки.
7. Технічні засоби регулювання дорожнім рухом.

## 8. Нові види.

Розглянемо особливості деяких складових класифікації об'єктів ІТІ.

Вулично-дорожня мережа (ВДМ) міст нормується за ДБН 360-92\*\* (Додаток 7.1, табл.1.5) і за ДБН В.2.3-4-2007 (Автомобільні дороги). Проте, класифікації ВДМ у цих нормативах мають недоліки, що часто не дозволяє віднести ту чи іншу магістраль до якоїсь однієї визначеної категорії, а серед класифікації автомобільних доріг зовсім відсутня така категорія як транспортні коридори, будівництво яких уже ведеться в Україні, і які потребують зовсім нових об'єктів ІТІ і принципів їх розміщення.

Як видно із таблиці 1.5 «Класифікація вулиць і доріг» (ДБН В.2.3-5-2001) у класифікації вулиць відсутні такі категорії як головні вулиці міст і магістралі вантажного руху, які існували раніше в нормативних документах СРСР.[2]

Нещодавно в Україні почали проводити аудит автомобільних доріг і пішохідних переходів (П. Козоріз, м. Харків) у містах.

У 2012 році вийшла відповідна методика М.03450778 – 700:2012.[3] Проведення аудиту на стадії експлуатації автомобільних доріг, але перший аудит за методикою кафедри Міського будівництва КНУБА було проведено у 2012 році на прикладі М – 06 Київ – Чоп. Проте існує так званий логістичний ланцюжок, який і повинен враховуватися при проведенні аудиту із системних позицій, починаючи із законодавчо – нормативної бази – проект – будівництва і експлуатації об'єктів ІТІ.

Вперше аудит з'явився у 80-ті роки ХХ століття у Великобританії на основі розвитку методів розслідування ДТП і практики їх усунення; послідовних змін законодавства і нормування. На сьогодні аудит застосовують у Великобританії, Новій Зеландії, Австралії, Канаді, Нідерландах.

Причиною появи аудиту є пошук відповіді на *питання*: чому дотримання норм і стандартів не гарантує відсутність ДТП? *Відповідь*. Стандарти базуються на законах фізики і встановлюють оптимальні параметри і відношення фізичних тіл, що взаємодіють в системі дорожнього руху.

Сфера застосування аудиту безпеки: взаємодія факторів Л – Д (людина – дорога) майже 1/3 ДТП – знаходиться за рамками стандартів і найменше вивчена область в розумінні механічної аварійності на відміну від факторів: Л – А (людина – автомобіль) – дизайн автомобіля; А – Д (автомобіль – дорога) – стандарт дорожньої галузі. Взаємодія факторів Л – Д – це сфера для застосування аудиту.

Для раціонального дослідження суб'єктивних факторів необхідно визначити область, в якій ці фактори діють: перш за все, слід визначити, що означає безпека руху і що сюди слід віднести.

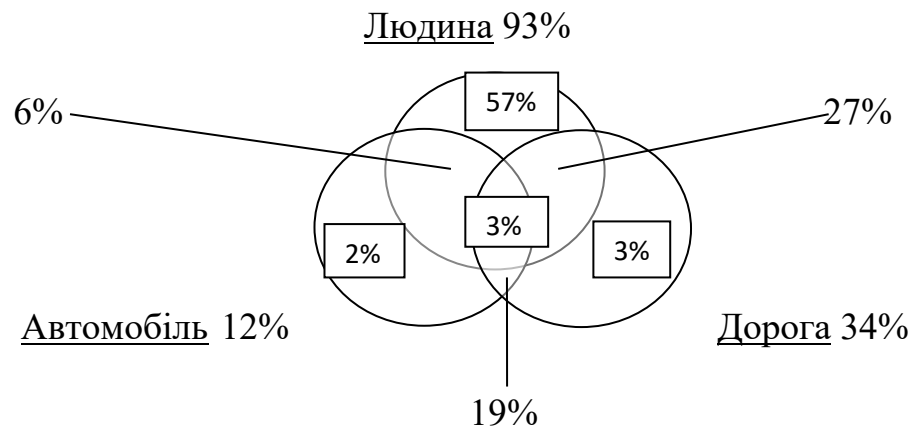


Рис.1

Основним підходом до проблеми безпеки руху завжди було визначення причин і слідство дорожніх пригод. Такий підхід представляє, однак, наукову або практичну цінність лише в тому випадку, якщо причина дорожньої пригоди може бути визначена операційно. Цей принцип є основою для іншого дослідження по безпеці руху, і частково, для визначення найбільш суттєвих суб'єктивних факторів.

Існує два способи визначення причин дорожніх пригод. При першому способі передбачається, що окремі несправності автомобіля або дефекти дорожніх умов є безпосередньою причиною дорожніх пригод, наприклад, несправність гальм, дефекти дорожнього покриття і т.п.

Такий підхід передбачає ретельний аналіз причин дорожніх пригод для виявлення тих або інших недоліків, що є причиною пригоди.

Шляхом ретельного вивчення достатньої кількості пригод можна, встановити ці дефекти в цілях їх усунення. Такий підхід був основним методом для дослідження даної області безпеки руху. Точніше цю точку зору можна виразити так: люба дорожня пригода має ряд причин. Деякі фактори в окремо грають невелику роль в дорожній пригоді, однак сукупність їх обумовлює виникнення пригод.

Це можна виразити у вигляді рівняння:

$$X = a_1f_1 + a_2f_2 + \dots + a_n f_n = \sum a_i f_i$$

В даному випадку всі фактори є незалежними один від одного.

Так названі фактори дорожніх пригод є, як правило, випадковими змінними і взаємозалежними величинами. Звідси, причина пригод представляє рівняння з множинною регресією у вигляді:

$$X = a + v_{1,2,3,\dots,k} X_1 + v_{2,1,3,\dots,k} X_2 + \dots + v_{k,1,2,\dots,(k-1)} X_k$$

де  $v$  - коефіцієнти часткової регресії.

Дане рівняння є загальним виразом теорії лінійного фактору дорожніх пригод. Проблема складається у визначенні змінних – будь то водій, автомобіль, дорога – для оптимального рішення даного рівняння, тобто, такого рішення, яке забезпечило б попередження багатьох пригод. В більш загальному сенсі це означає, що максимальна дисперсія при дорожніх пригодах визначається сумою членів регресивного рівняння.

$$X = a + v_{(1,2,\dots,k)}X_1 + v$$

При такому способі небагато рішень, зв'язаних з використанням певних систем змінних, дають пояснення більшої частини загальної кількості середніх відхилень при дорожніх пригодах. З урахуванням всіх факторів приблизно 25% всіх пригод можуть бути пояснені постійними характеристиками автомобілів, доріг або якістю водіїв.

Парадоксальність теорії множинного фактора стає найбільш очевидною при вивченні факторів, залежних від дороги, в їх зв'язку з дорожніми пригодами. Більшість досліджень доріг свідчать, що приблизно тільки в 5% пригод дійсно явне виражені характеристики самої дороги є статистичними причинами пригод.[4]

Однак ті ж дослідження показують, що на автомагістралях с регульованими в'їздами число дорожніх пригод складає  $1/3 - 1/2$  по відношенню до числа їх на дорогах більш низького класу, що йдуть паралельно магістралям.[5]

#### Вивчення дорожніх пригод з використанням множинного фактора

Внаслідок ряду причин даний спосіб вивчення є невиробничим. Сюди відносять причини починаючи від статистичних характеристик факторів до їх змін в залежності від часу. При цьому найбільш суттєвою причиною є те, що теорія лінійного фактору пригод є сама по собі неповною. В принципі теорія фактора передбачає, що в межах даної системи існують окремі елементи, взаємодія яких викликає дорожні пригоди. Однак, якщо пригода є слідством випадкових помилок в роботі системи, тоді можливість передбачити пригоду, користуючись теорією лінійного фактору, стає незначною.

Якщо пригода в основному є слідством чисто випадковий фактор, тоді можна визначити, яка кількість водіїв буде зв'язано з пригодою. Тобто самі пригоди є рідкими по часу і простору, то вони повинні розташовуватися по закону розподілення Пуассона.

В даному випадку передбачається, що всі пригоди мають місце строго по чисто випадковим, а не по передбаченим причинам. А це в свою чергу передбачає, що дорожні пригоди, як явище зіткнення, не відрізняються,

наприклад, від зіткнення між молекулами газу. На цьому припущенні основані два дослідження пригод. Одне з них – дослідження Торндайка (Thorndike R. C., Human Factors in Accidents, with Special Reference to Aircraft Accident, U.S.A.F. School of Aviation Medicine, project 21-30-001, Randolph Field, Texas, 1951 – роль суб’єктивних факторів в пригодах, особливо в авіаційних) авіаційних пригод, а друге – Клівленда (Cleveland D.E., Driver Characteristics and Speed Performance Related to the Facility, Highway Research Board Bulletin №212, 1959, 1-10 – швидкість руху залежності від якості водія і дорожніх умов) – автомобільні. Ці дослідження свідчать по – перше, що розподіл Пуассона не є досконалим для вивчення дорожніх пригод.

Якщо рахувати, що пригоди є слідством винятком випадкових причин, то мається більше, ніж слідувало б очікувати, водіїв, не маючих дорожніх пригод. І по – друге, існує хоча і невелика, але постійна група водіїв, на долю яких приходиться більше число дорожніх пригод, тобто водіїв, маючих повторні пригоди.

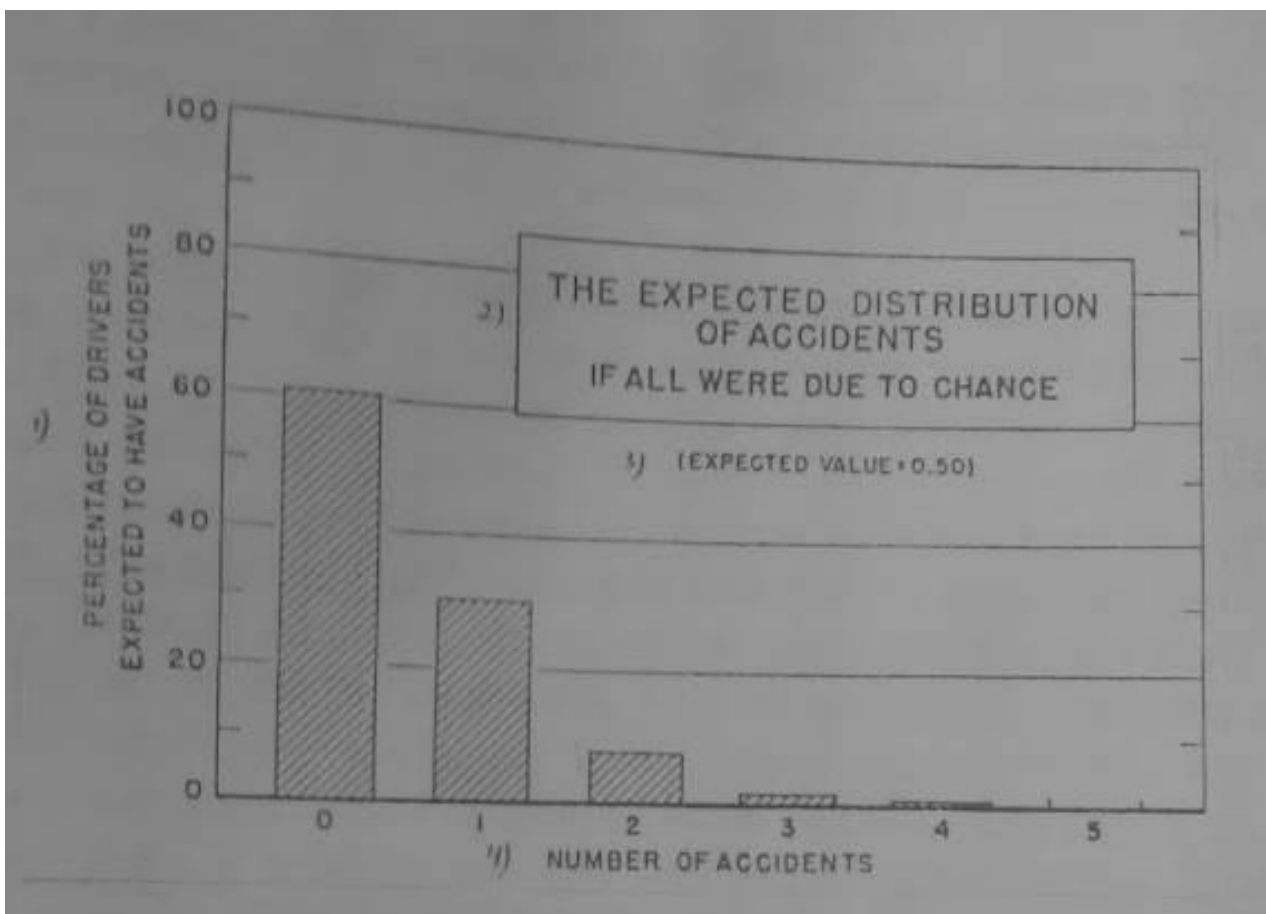


Рис.2 Розподіл Пуассона

Фактичні дані дослідження Клівленда свідчать про те, що 9% водіїв мають 48% всіх пригод, тоді як тільки в наслідок випадкових причин слід очікувати, що на частку 9% водіїв приходилось лише 40% всіх пригод. Загалом, дослідження, проведенні в даній області, свідчать, що дорожні пригоди є складними явищами, що включають в себе невелику частину постійних факторів, такі як радіуси закруглень доріг, невелику частину часових змінних характеристик, так як зміни емоційного стану водія, і більшу частину випадкових помилок. Більш точне розподілення причин пригод показують, що десь між 60% і 80% від всіх дорожніх пригод видно відбувається в наслідок випадкових помилок.

На основі цих даних можна прийти до висновку, що більша частина пригод не мають причин, і вони носять випадковий характер (тобто не представляють явище, викликане спеціально або які можна передбачити).

Згідно такому висновку кожна пригода представляє «свій власний світ», який може бути описаний, як спроба. Однак, причини даної пригоди є специфічними лише для нього. Але це не означає, що безпека руху не може бути забезпечена, навпаки, такий висновок передбачає, що проблема безпеки може і повинна бути вирішена. Що таке дорожня пригода в широкому сенсі? Це свого роду помилка в діях всієї системи (Л – А – Д). Вона не відрізняється від неминучих дрібних відхилень, маючих місце при русі автомобіля по прямій ділянці шосе. Фактично любе відхилення від ідеального шляху руху представляє помилку в діях системи (Автомобіль – Дорога) і відрізняється від пригоди лише в ступені: пригода є слідством будь – якого зіткнення. Реальна різниця між пригодою і іншими помилками водіння закладається в тому, що пригода звичайно має кінцевий результат і пов'язане з руйнуванням.

#### Визначення поняття «система» і «помилка»

Два терміни потребують визначення.

Перше – це поняття «система». В самому загальному сенсі система представляє сукупність елементів, які виконують функції (за допомогою) шляхом взаємозалежної дії складових частин. Автотранспортна система є єдиною, оскільки людина, водій, є однією із основних її частин. Слідством, ми маємо систему «Людина – Автомобіль». Значення цього терміну буде визначено нижче.

Друге поняття «помилка» так же потребує уточнення.

Результат системи (вихідна величина) може бути визначена наступним чином:

$$O = f(I)$$

де  $I$  – вхідна функція величини;  $f$  – передавальна функція системи.

Коли система дає результат, відхиленням від даного передбаченого результату, тоді говорять, що має місце помилка. Такі помилки можуть бути двох видів: постійні і змінні.

Постійна помилка – це незмінне, встановлене відхилення результату від передбаченого (зумовленого). Це «специфічний дефект», який може бути майже завжди компенсований. Таким чином, виробничий «дефект» представляє постійну конструктивну помилку, яка зазвичай виправляється при виробництві по її виявленні.

Зміні або випадкові помилки вже другого порядку. Наприклад, інтенсивний знос деталей зчленованих рульових тяг з часом будуть давати цілий ряд змін поперечного положення автомобіля на дорозі при русі. В даному випадку окремі деталі рульового управління справні, неправильна лише їх регулювання. Таким чином, самі елементи в порядку. Однак, результат на основі даної вхідної величини може бути передбачений лише номінально. І такі випадки зміни представляють загальну проблему при функціонуванні більшості систем, и величина цих змін є фактичною мірою надійності тієї чи іншої системи.

Слідством, функція системи (вихідна величина) може бути виражена так:

$$O = f(I (I + C + V))$$

де  $C$  – константа;  $V$  – випадкова зміна;  $f$  – передавальна функція системи.

Тепер, якщо система складається з  $k$  компонентів, кожний з яких має переміну помилку  ${}^s k$ , тоді загальна помилка системи буде визначатися:

$${}^s T = ({}^s I^2 + {}^s 2^2 + \dots + {}^s W^2)^{1/2} = (\sum {}^s i^2)^{1/2}$$

В цьому випадку передбачається, що помилка компонентів є незалежними. В осоружному випадку необхідно додати член для обліку кореляції. Таким чином, вище приведені рівняння є мірою надійності дії системи.

Якщо компоненти дисперсії рівні 0, то вихідна величина системи повністю відома або може бути передбачена. При збільшенні помилок компонентів спостерігаються два явища. По – перше, цінність значення вхідної величини, як незалежної змінної вихідної величини системи, зменшується. По – друге, діапазон вихідної величини для любої даної вхідної весь час збільшується.

На основі цих двох факторів можна побачити, що пригоди виникають як випадкові явища в дорожньо – транспортній системі.

Для даного загального відхилення при визначеній реакції системи управління виникає помилка, достатньо, щоб визвати відхилення в лінійному розміщенні автомобіля, водій може з'їхати зі своєї смуги руху. Якщо автомобіль

виявляється на узбіччі дороги, то такі пригоди називаються «сходження» (з'їздом) з дороги.

На основі вищевикладеного, можна прийти до висновку, що безпека системи Л – А – Д повинна визначатися з точки зору класів величин змінних помилок, які мають місце при дії системи. Следствием, безпечної рахується система, в якій змінні помилки зменшуються до межі.

В більш загальному сенсі предметом безпеки руху є збільшення надійності системи руху Л – А – Д. Досягнення цієї цілі повинно відповідно зменшувати ймовірність явищ, які називають «пригодами».

Першою основною цілю в забезпеченні безпеки руху повинен бути розвиток поняття того, як функціонує система руху, оскільки саме таке поняття дозволяє удосконалювати систему, з тим щоб вона діяла з мінімальними помилками. І як це не парадоксально, такий підхід передбачає, що вивчення водіння автомобіля, а не пригод.

Тепер можна визначити загальну точку зору, з якої може бути розглянуто роль суб'єктивних факторів в безпеці руху. Всі водії володіють певними якостями, які потрібні для виконання задач водіння автомобіля. Сам характер цих задач пред'являє до водіїв єдині вимоги. Якщо ці вимоги знаходяться у самої границі меж людських здібності, то тоді неминучі дорожні події.[6]

Знаючи про це у 1980-1982 роках кафедра Міського будівництва КіБІ за договором з інститутом Кібернетики АН СРСР була розрахована динамічна модель безпеки дорожнього руху із застосуванням системи «пальма» (САПР 3-го покоління) на прикладі центральної частини Києва. Доповідь про роботи були представлені на Міжнародній конференції із безпеки руху у Варні в 1982 році. Ці дослідження показали, що потрібно створити експертну систему, на сьогодні створення експертної системи може бути представлене таким чином.

Як бачимо всі завдання, що вирішилися при цьому потребували застосування аудиту на предмет якості їх виконання. Починаючи з кінця 80 – тих років на кафедрі міського будівництва КНУБА почали розраховувати експертну систему, за окремими складовою якої були захищені кандидатські дисертації: Кужильний М., Степанчук В., Толок О. Приклад такої системи наведено на рис. 3.

Як видно із розділу розрахункові показники потребують проведення відповідного аудиту. Тільки на основі експертної системи ми можемо розраховувати на проведення аудиту для кібернетичної системи (В – А – Д).



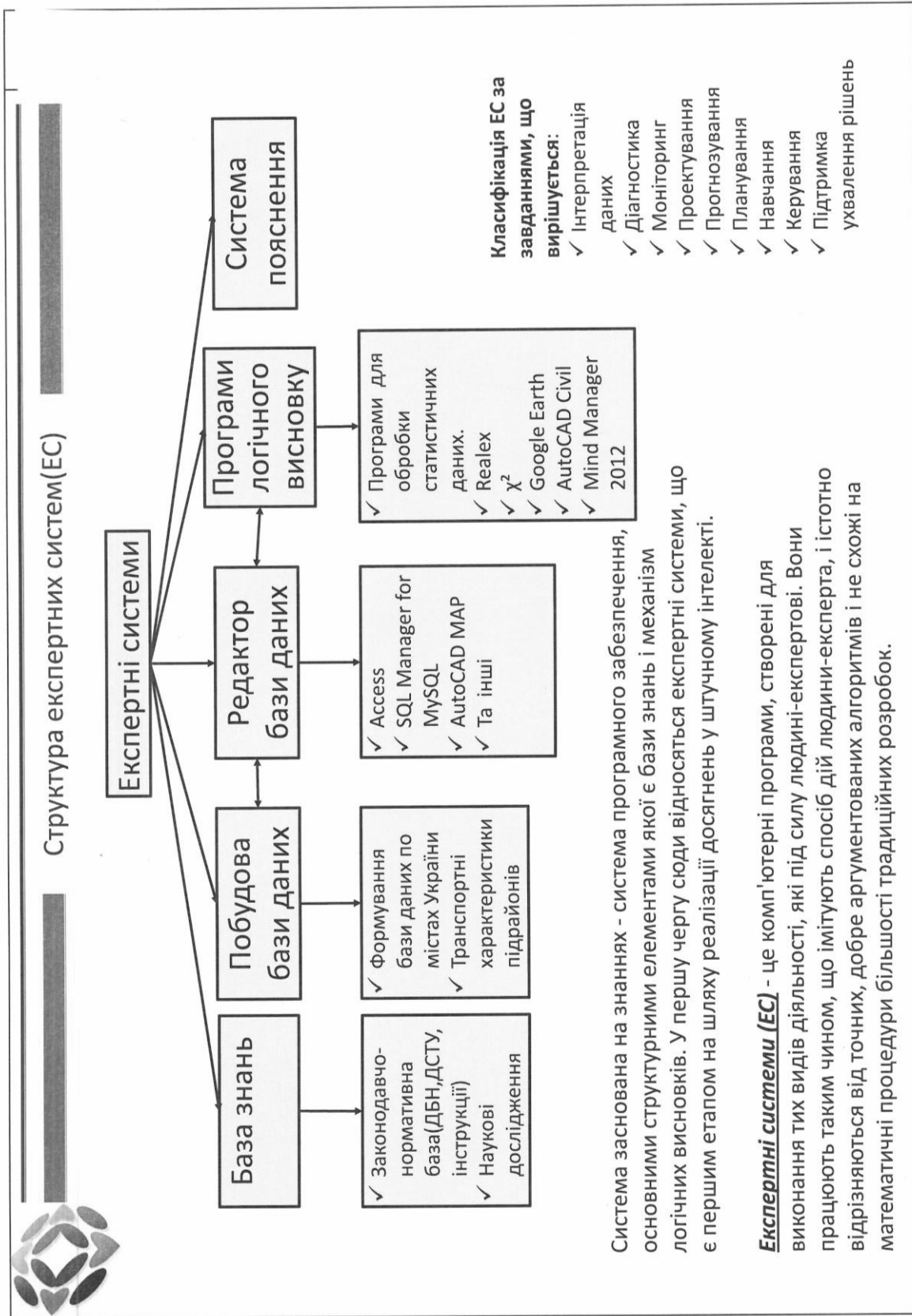


Рис.3. Структура експертної системи

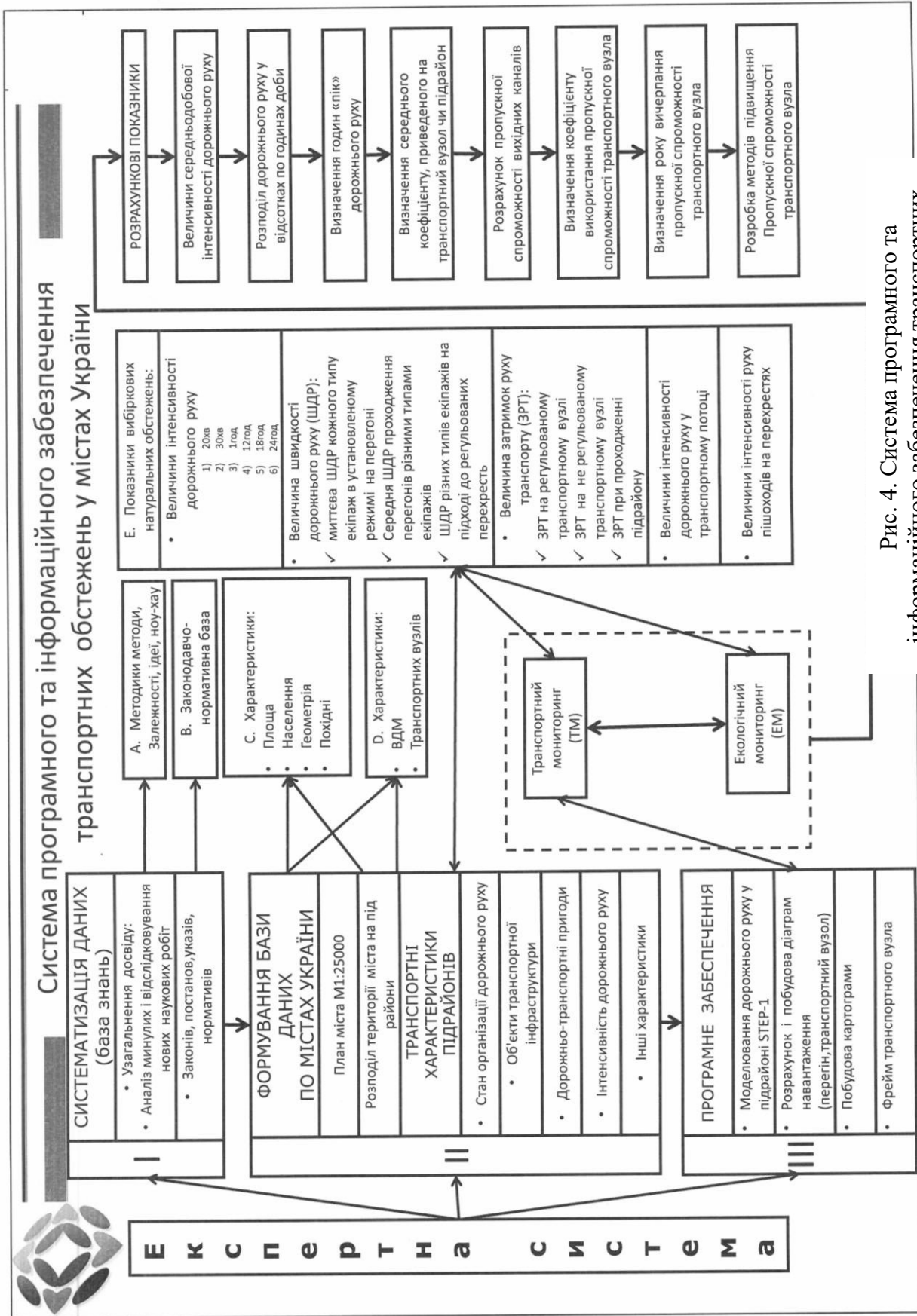


Рис. 4. Система програмного та інформаційного забезпечення транспортних обстежень в містах України

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Закон №34 ст.343 2011 р. - zakon4.rada.gov.ua.
2. Рейцен Є.О. Організація і безпека міського руху. Навчальний посібник. - Київ, 2014.
3. Державне агентство автомобільних доріг України (Укראавтодор). «Методика проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування». М 03450778 – 700:2012, Київ, 2012.
4. Raff M.S. “The Interstate Highway Accident Study”, Public Roads, 27.06.1953.
5. The Federal Role in Highway Safety, U. S. Government Printing Office, Washington D.C. 1959.
6. Richard M.Michaels, Human Factors in Highway safety. «Traffic Quarterly», 1961, №4 р. 586 – 599)

**Аннотація**

В статті виділені поняття "інженерно-транспортна інфраструктура" (ИТИ) и "експертная система". Приведены классификация ИТИ и способы рациональных исследований субъективных факторов, которые действуют на безопасность движения при проведении аудиту. Проанализированы современные проблемы, которые влияют на безопасность движения. Сделанные соответствующие выводы.

Ключевые слова: системный аудит, инженерно-транспортная инфраструктура, экспертная система, безопасность движения.

**Abstract**

In the article it is distinguished concept "engineer is a transport infrastructure" and "consulting model". Brought classification over of ITI. Researches of human factors that operate on safety of motion at conducted to the audit pointed the methods of rational. Analysed modern problems that influence on safety of motion. Done corresponding conclusions.