

УДК 656.021.2

к.т.н., професор Рейцен Є.О., Якимчук В.А.,  
Київський національний університет будівництва й архітектури,

## РОЗРОБКА ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ МІСТ

*Йдеться про Експертні системи та про їх застосування в галуззі проектування транспортних систем міст. Розглянуто основні компоненти експертної системи та їх відмінність від звичайного програмного забезпечення.*

Серед перших статей про застосування експертних систем (ЕС) на етапі проектування транспортних систем міст можна відзначити статтю опубліковану в 1989 році в збірці «Управление большим городом Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции 20-22 июня 1989г.» [2] під назвою «ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСУ ГОРОДСКИМ ДВИЖЕНИЕМ» , автори Дьомін М.М, Дмитрієв Л.Г., Рейцен Є.О., де було описано необхідність застосування ЕС в галузі автоматизованого керування дорожнім рухом. Ця проблема актуальна і нині. Спробуємо розібратися в структурі застосування експертної системи для проектування транспортних систем міст.

Експертні системи [1]можуть розглядатися як напрямок декларативного програмування, оскільки програміст не вказує на рівні алгоритму, як програма повинна досягти заданої мети. Наприклад, в експертній системі, заснованій на правилах, кожне з правил може стати активізованим і бути вміщене в робочий список правил, якщо ліва частина цього правила узгоджується з фактами. Порядок, в якому були введені правила, не впливає на те, які правила повинні бути активізовані. Таким чином, порядок операторів у програмі не задає жорсткий порядок управління ходом виконання.

Між експертними системами і звичайними програмами є цілий ряд відмінностей. Деякі з цих відмінностей перераховані в (табл.1)

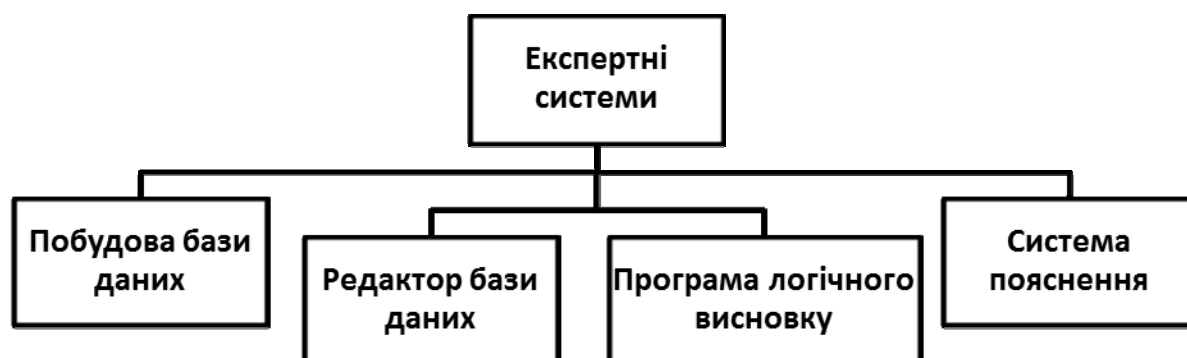
**Таблиця 1. Деякі відмінності між звичайними програмами і експертними системами.**

Характеристика	Звичайна програма	Експертна система
Спосіб управління ходом	З урахуванням порядку	З застосуванням машини виконання операторів логічного висновку

Характеристика	Звичайна програма	Експертна система
Засоби управління та дані	Неявна інтеграція	Явний розподіл
Детермінованість управління	Сильна	Слабка
Спосіб прийняття рішень	За допомогою алгоритму	На основі правил і логічного висновку
Пошук рішення	Відсутня або застосовується в невеликих масштабах	Застосовується у великих масштабах
Рішення задач	За допомогою правильною алгоритму	Із застосуванням правил
Вхідні дані	Необхідність правильних даних	Можливе застосування неповних або неправильних даних
Обробка непередбачених вхідних даних	Пов'язана з виникненням значних труднощів	Відрізняється високим ступенем пристосовності
Вихідні дані	Завжди правильні	Те, наскільки рішення наближається до оптимального, залежить від завдання
Пояснення причин отримання конкретних результатів	Відсутнє	Зазвичай передбачено
Програми	Обробка числових даних, файлів і тексту	Символічні роздуми
Виконання	Як правило, послідовне	Під впливом правил

Характеристика	Звичайна програма	Експертна система
Проект програми	Структурований проект	Проект з мінімально заданою структурою або взагалі без структури
Можливість модифікації програми	Пов'язана з труднощами	Прийнятна
Розширення можливостей програми	Здійснюється у вигляді великих етапів	Відбувається поступово

Експертні системи зазвичай використовуються з тією метою, щоб легше було впоратися з невизначеністю. Невизначеність може виявлятися у вхідних даних експертної системи і навіть в самій базі знань. Отже розглянемо базову структуру побудови експертних систем, що показана на схемі нижче.



### Побудова бази даних

Одним з найскладніших завдань в побудові експертних систем (ЕС) є задача побудови бази даних (БД) — системи у вирішенні якої виділяються два етапи: розробка структури БД та її заповнення.

При роботі можливе повернення з другого етапу на перший з подальшою зміною структури БД, у зв'язку з отриманням у експерта знань, що не укладаються в структуру БД, обрану спочатку. Таким чином, процес формування БД набуває інтервальний характер. Одним з найбільш складних моментів процесу формування БД, який викликає ітеративні повернення, отримання знань у експерта з їх подальшою формалізацією.

Оскільки багато евристики, <sup>1</sup> сам експерт вважає очевидним, а деяку використовує інтуїтивно, буває дуже важко отримати від нього зв'язну, логічно послідовну розповідь про процес вирішення того чи іншого завдання. В силу цього не кожен фахівець у предметній області може бути експертом. В цілому в цій галузі розробка ЕС виникає ряд складнощів психологічного характеру, серед яких є і такі, як небажання і невміння фахівця сформулювати свої знання які допускають формалізовану форму.

В БД в деякому закодованому вигляді зберігатися формалізовані знання експерта. На сучасному етапі розвитку ЕС використовується кілька форм представлення знань:

1. Трійка: об'єкт-атрибут-значення
2. Семантична мережа<sup>2</sup>
3. Фрейм<sup>3</sup>

### Фрейм

Фрейм[1] є невід'ємною складовою формування ЕС і має пряме відношення до формування бази даних. Одним з типів схем, який використовується в багатьох програмах штучного інтелекту, є фрейм. Ще один тип схеми є сценарій, який по суті є впорядкованою в часі послідовністю фреймів. Фрейми запропоновані для використання в якості методу розуміння особливостей зору, природних мов та інших областей і надають зручну структуру для опису об'єктів, типових для якоїсь конкретної ситуації, зокрема, стереотипів об'єктів. Фрейми є особливо корисним засобом моделювання знань, заснованих на здоровому глузді, а ця область знань з великими труднощами піддається освоєнню за допомогою комп'ютерів. Безумовно, семантичні мережі по суті можна розглядати як двовимірне представлення знань, а фрейми додають третій вимір, оскільки дозволяють використовувати вузли, що мають внутрішню структуру. В якості таких структур можуть застосовуватися прості значення або інші фрейми.

---


<sup>1</sup> Евристика (грец. *heurisko* — знаходжу, відшукую, відкриваю) — наука, яка вивчає творчу діяльність, методи, які використовуються у відкритті нового і в навчанні. Евристичні методи (друга назва Евристики) дозволяють придивитися процес вирішення задачі. Значний інтерес до їх дослідження виник у зв'язку з можливістю вирішення ряду задач (розпізнавання об'єктів, доведення теорем і т. д.), в яких людина не може дати точний алгоритм вирішення з допомогою технічних засобів. Метою Евристики є побудова моделей процесу вирішення якої-небудь нової задачі.

<sup>2</sup> Семантична мережа — інформаційна модель предметної області, що має вигляд орієнтованого графа, вершини якого відповідають об'єктам предметної області, а ребра задають відносини між ними. Об'єктами можуть бути поняття, події, властивості, процеси.

<sup>3</sup> Фрейм (англ. *frame* — «каркас», «рамка») — це структура, що описує деякий складний об'єкт або абстрактний образ або модель для представлення деякої концепції (стереотип сприйняття).

Основна характерна особливість фрейма полягає в тому, що він представляє взаємопов'язані знання з вузької теми, значна частина яких - це знання, задані за замовчуванням. Система фреймів може виявитися досить підходящою для опису міського транспортного вузла(МТВ). Такі компоненти вузла, як місце розташування МТВ(місто, адміністративний район, зона міста), найменування і категорія вулиць, клас вузла, тип забудови і т.д., повинні розглядатися в поєднанні, щоб можна було отримати загальне уявлення про зв'язки між цими компонентами. Додаткові відомості про компоненти можуть бути отримані за допомогою вивчення структури фреймів. У цьому полягає відмінність фрейма від семантичної мережі, оскільки мережа, як правило, використовується для загального представлення знань. Приклад фрейму є описом транспортного вузла показаний на (табл.2)

**Таблиця.2 Фрейм на прикладі заповнення паспорту міського транспортного вузла**

Слоти	Заповнювачі
Місце розташування МТВ(місто, адміністративний район, зона міста)	Дарницький район
Найменування і категорія вулиць, що утворюють МТВ	Харківське шосе (загальноміського значення регульованого руху), вулиця Вербицького(районного значення)
Клас вузла	II
Схема вузла та його тип	Перетин 

У термінах подання у вигляді трійки "об'єкт-атрибут-значення" транспортний вузол - це об'єкт, ім'я слота - атрибут, а заповнювач - значення.

Більшість фреймів не є настільки простими, як показано в (табл.2) Фрейми виявляють свою значимість у складі ієрархічних систем фреймів і в умов застосування наслідування. Використання фреймів у вигляді наповнювачів слотів і введення в дію відносини наслідування дозволяє створювати дуже потужні системи представлення знань. Зокрема, як виявилось, експертні системи на основі фреймів є дуже корисним засобом представлення причинних знань, оскільки зберігається в них інформація організована з урахуванням причин і наслідків. На відміну від цього, експертні системи, засновані на правилах, звичайно спираються на неорганізовані знання, які не є причинними.

### Редактор бази даних

Ще однією необхідною складовою частиною ЕС є редактор бази даних (РБД). Основне завдання РБД є надання інженеру засобів, що полегшують процес заповнення БД в процесі роботи з ЕС. Очевидно, що БД має вигляд набору файлів, що зберігаються на магнітному носії. Отже, такий редактор являє собою транслятор з деякої підмножини звичайної мови, в спеціальний код, що використовується інженером та орієнтований на роботу ПЛВ.

Редактор бази даних повинен:

- ✓ бути зручним для роботи інженера, тобто використовувати деяку підмножину звичайної мови;
- ✓ дозволяти реалізувати будь-яку структуру знань, передбачену складом БД;
- ✓ дозволяти коригувати елементи БД без зміни її структури;
- ✓ мати можливість представляти узагальнену структуру БД;

Конкретна реалізація РБД залежить від:

- ✓ структури та обсягу БД;
- ✓ засобів, обраних для реалізації ЕС;
- ✓ завдань, що ставляться перед РБД;
- ✓ особистих особливостей розробників ЕС.

### Програма логічного висновку

Друга найважливіша частина будь якої ЕС — програма логічного висновку (ПЛВ), до основного завдання якої належить узгоджена обробка даних, наявних в програмному середовищі або отриманих в процесі діалогу з об'єктами зовнішнього середовища.

При цьому використовуються знання, що зберігаються в БД, з метою отримання кінцевого результату. Під зовнішнім середовищем мається на увазі або деяка технічна система, інформацію про яку ЕС отримує за допомогою датчиків, або людина-оператор, який працює з ЕС. Отриманні, таким чином, дані аналізуються або інтерпретуються за допомогою збережених в БД знань експерта. В результаті:

- ✓ висуваються і перевіряються різні гіпотези;
- ✓ виробляються нові дані, а в деяких випадках, і нові знання;
- ✓ формуються запити на введення нових даних;
- ✓ формуються рішення, що носять рекомендаційний або керуючий характер, в залежності від типу ЕС.

Характерна відмінність ЕС від традиційного прикладного програмного забезпечення це - використання для обробки нового виду інформації - знань. В

силу цього ПЛВ істотно відрізняється від алгоритмів, які використовуються для вирішення задач у прикладних пакетах. В ЕС вибір форми представлення знань відносяться до фундаментального поняття, тому механізм виводу визначається відповідно до структури реалізації БД. Проте існують і деякі загальні для будь-яких форм представлення знань характеристики ПЛВ.

До однієї з таких характеристик відноситься направлення висновку, що може бути двох типів: - прямий висновок (від посилання до мети) і зворотний (від мети до даних).

Для написання програми логічного висновку слід використовувати мову програмування серед якої можна відзначити мову CLIPS.

CLIPS - це мова програмування, що дозволяє використовувати цілий ряд підходів, який забезпечує підтримку програмування на основі правил, об'єктно-орієнтованого та процедурного програмування. Можливості логічного висновку і уявлення, що надаються заснованим на правилах мовою програмування CLIPS, аналогічні можливостям мови OPS5, але є більш потужними. За своєю синтаксичною структурою правила CLIPS вельми нагадують правила, які застосовуються в таких мовах, як Eclipse, CLIPS / R2 і Jess, але CLIPS підтримує тільки правила прямого логічного висновку. Ця мова не забезпечує зворотний логічний висновок.

### Система пояснення

Для більшості ЕС важливою частиною є підсистема пояснення (ПП). Основна мета цієї системи - зробити ЕС «прозорою» для користування, тобто надати користувачеві можливість розуміти логіку дій системи. Ця можливість має велике значення в процесі освоєння ЕС користувачем, коли недовіра до системи, що існує на першому етапі роботи, змінюється розумінням і в кінцевому підсумку веде до повного прийняття системи користувачем.

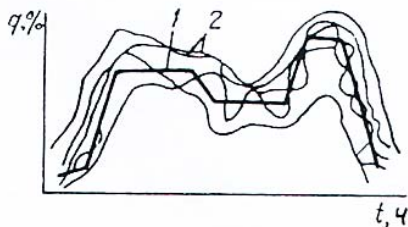
Система пояснення повинна дозволяти користувачеві:

- ✓ в будь-який момент призупиняти роботу системи і отримувати повний опис її поточного стану;
- ✓ за запитом користувача видавати будь-яку інформацію, що проїдена системою з можливістю повернення до будь-якої ділянки;
- ✓ за запитом користувача повідомляти результати раніше виконаних дій, перевірок висунутих гіпотез з поясненнями;
- ✓ отримувати відповіді на питання типу «чому?», «навіщо?», «як?». Треба зазначити, що існує ряд ЕС, для яких наявність ПП не обов'язково. Тим не менш, в цілому роль такої підсистеми в ЕС важлива.

Розвинена ПП складається з двох компонентів:

- ✓ активною, що включає в себе набір інформаційних повідомлень, які видаються користувачеві в процесі роботи, залежать від конкретного шляху вирішення завдання, повністю визначаються системою;
- ✓ пасивної (основний компонент ПП), орієнтований на ініціалізуючі дії користувача.

### Приклади застосування в транспортному проектуванні



1. Изменение интенсивности движения во времени:

1—реализация случайного процесса; 2—математическое ожидание случайного процесса.

Застосування експертної системи можливе для вирішення, як окремих задач таких як: визначення транспортного ритму міста (рис.1) або визначення закономірності розподілу інтенсивності руху за годинами доби (рис.2) та інших, які залежать від обробки статистичних даних. Так і для системного

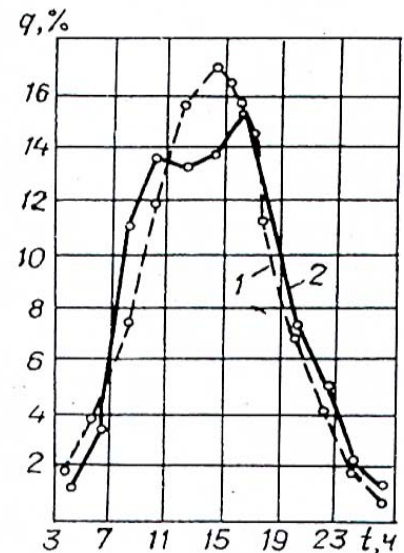
підходу у вирішенні комплексу задач інженера

проектувальника в

транспортній галузі. Набір складових ЕС та залежність окремих показників показано на прикладі «Системи програмного та інформаційного забезпечення транспортних обстежень і містах України» в додатку 1, який можна використовувати як алгоритм для побудови ЕС.

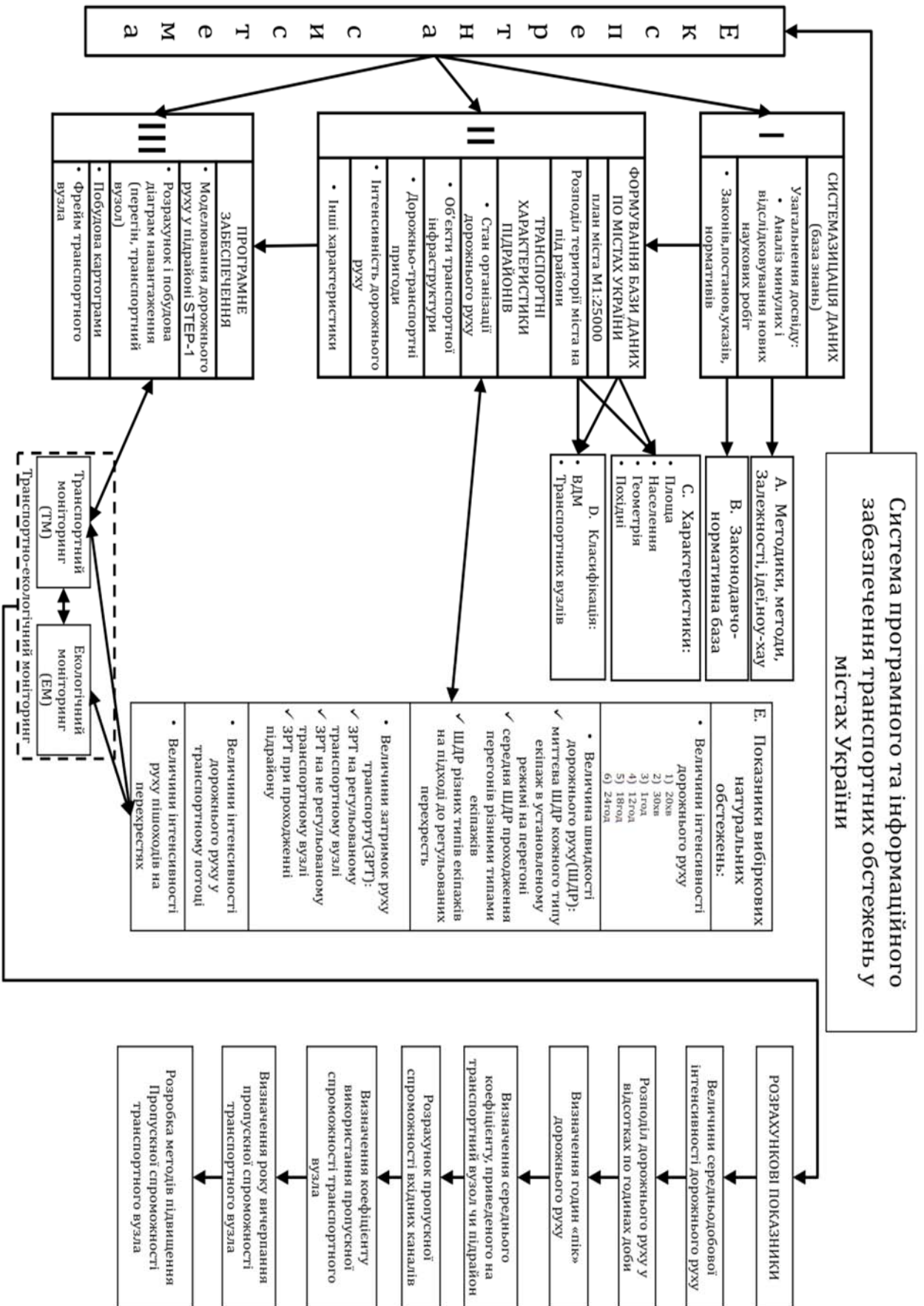
Для широкої галузі застосування слід зазначити таку необхідність, як доступність Експертної системи серед широкого кола користувачів, яке можливе із застосуванням Internet технологій. Це дасть змогу поповнювати бази даних он-лайн а також отримувати доступ до системи будь-де, де є доступ до мережі Internet.

2. Распределение интенсивности движения по времени суток.





Додаток 1



### Список використаних джерел

1. Джарратано Джозеф, Райли Гари. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание.: Пер. с англ. - М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2007. – С.100-101,162-163,552-553. –1152 с.: ил.
2. Демин Н. М, Дмитриев Л. Г. и Рейцен Е.А. Управление большим городом Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции 20-22 июня 1989г. [Конференция] // Применение экспертных систем на стадии проектирования АСУ городским движением. - Москва : [б.н.], 1989. - стр. 158-159.
3. Транспортні системи міст: методичні вказівки до практичних занять і використання курсової роботи / уклад. Є.О.Рейцен. – К.:КНУБА,2011. – С.60. – 64 с.
4. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему:Пер. с англ. — М.:Энергоатомиздат, 1991.— 286с.: ил.

### Аннотация

В статье идет речь об Экспертных системах, об их применении в отрасли проектирования транспортных систем городов. Рассмотрено основные компоненты экспертной системы и их отличия от обычного программного обеспечения.

### Abstract

This scientific article is about the expert system and their usage in the sector of the projecting of the city transport system. The main components of the expert system and their difference from the ordinary software are considered.