

## Лабораторна робота 1

Побудувати ЕС на Prolog.

Варіанти завдання:

### ІІЗ-1

1. Побудувати ЕС на ТР "Тип РС";
2. Побудувати ЕС на ТР визначення СУБД для ПК;
3. Побудувати ЕС на ТР визначення типів моніторів для ПК;
4. Побудувати ЕС на ТР для покупки автомобіля;
5. Побудувати ЕС на ТР для діагностики несправностей комп'ютера;
6. Побудувати ЕС на ТР «Простудні захворювання»;
7. Побудувати ЕС на ТР "Несправності ПК";
8. Побудувати ЕС на ТР "Порода собак";
9. Побудувати ЕС на ТР визначення простудних захворювань;
10. Побудувати ЕС на ТР "Визначник городніх рослин";
11. Побудувати ЕС на ТР для вибору марки автомобіля;
12. Побудувати ЕС на ТР «Визначник породи котів»;
13. Побудувати ЕС на ТР "Тип принтера";

### ІІЗ-2

1. Побудувати ЕС на ТР визначення овочевих культур;
2. Побудувати ЕС на ТР визначення фруктових дерев;
3. Побудувати ЕС на ТР для класифікації тварин;
4. Побудувати ЕС на ТР визначення елементарних частинок;
5. Побудувати ЕС на ТР визначення хімічних елементів;
6. Побудувати ЕС на ТР «Конфігурація РС»;
7. Побудувати ЕС на ТР для вибору вінчестерів;
8. Побудувати ЕС на ТР для визначення металів на вигляд;
9. Побудувати ЕС на ТР "Визначник-рубрикатор літератури";
10. Побудувати ЕС на ТР "Тип темпераменту";

11. Побудувати ЕС на ТР «Конфігурація РС»;
12. Побудувати ЕС на ТР "Визначник тварин".

### **Приклад : Структура бази знань експертної системи**

Для ідентифікації породи деревини у середині кожної підмножини можна використовувати список атрибутів. Кількість характеристик визначатиме ступінь точності класифікації. Що розрізняє не обов'язково є яка-небудь єдина характеристика - вся безліч атрибутів використовується для досягнення цілей в правилах, що будуються.

Всі перераховані нижче атрибути є необхідними, оскільки жоден з них не характерний для всіх порід одночасно.

- 1) листя;
- 2) хвойна;
- 3) м'яка;
- 4) тверда;
- 5) дуже тверда;
- 6) сіро-коричнева;
- 7) світло-червона;
- 8) світла;
- 9) темна;
- 10) смоляниста;
- 11) дуже смоляниста;
- 12) Крупна текстура;
- 13) Дрібна текстура.

Кожна характеристика для конкретної породи або вірна, або не вірна. Для кожної породи справедливі наступні характеристики:

#### ***Порода Характеристики***

Дуб 1,4,6,13

Бук 1,4,7,12

Осика 1,3,8,13

Тис 1,5,9

Ялина 2,3,8,10

Сосна 2,3,8,11

Спосіб використання цієї інформації залежить від реалізації експертної системи.

У нашому випадку при проектуванні бази знань деревовидна структура, безліч ідентифікуючих характеристик і набори номерів характеристик для кожної породи складають робочу модель бази знань для вибору породи.

Відмітьте, що номери характеристик є штучними фактами, необхідними проектувальникові, і введені вони для того, щоб функціональним модулям експертної системи було легко ідентифікувати характеристики і маніпулювати ними.

### **Проектування і реалізація системи, що базується на правилах**

Спочатку необхідно зробити декларації бази даних. База даних зберігатиме відповіді користувача на питання системи призначеного для користувача інтерфейсу (СПІ). Ці дані є ствердними або негативними відповідями.

Далі потрібно оголосити предикати для виконання виводу (машина виводу) і для взаємодії з користувачем (система призначеного для користувача інтерфейсу).

Всі разом це наступні предикати:

database

xpositive(symbol,symbol)

xnegative(symbol,symbol)

predicates

do\_expert\_job

do\_consulting

ask(symbol,symbol)

```
dog_is(symbol)
it_is(symbol)
positive(symbol,symbol)
negative(symbol,symbol)
remember(symbol,symbol,symbol)
clear_facts
```

Предикати бази даних `xpositive` і `xnegative` використовуються для зберігання ствердних і негативних відповідей користувача. Перші чотири предикати потрібно для взаємодії з користувачем, а останні шість - для механізму виводу.

Повинні бути складені вісім продукційних правил : поодинці для кожної породи. Кожне правило повинне ідентифікувати породу за ознакою приналежності до групи твердих або м'яких.

Правило `it_is` проводить цю ідентифікацію. Потім правило `positive` ідентифікує характеристики породи в кожному випадку.

І `it_is` і `positive` використовуються механізмом виводу. Нижче приведено повне продукційне правило для дуба:

```
tree_is("Дуб):-
positive(tree," Листя "),
positive(tree," Тверда "),
positive(tree,"Сіро_Коричнева"),
positive(tree," Дрібна _ текстура "),!.
```

Механізм виводу повинен мати правила для управління даними що вводяться користувачем, для зіставлення їх з продукційними правилами і збереження "траси" (або запам'ятовування) негативних і ствердних відповідей. Правила `positive` і `negative` використовуються для зіставлення даних користувача з даними в продукційних правилах. Правило `remember` (запам'ятовування) проводить додавання про-

позицій з відповідями yes (так) і no (немає), для використання при зіставленні із зразком:

```
positive(X,Y) :- xpositive(X,Y),!.  
positive(X,Y) :- not(negative(X,Y)),!.  
ask(X,Y).  
negative(X,Y) :-xnegative(X,Y),!.  
remember(X,Y,yes) :-asserta(xpositive(X,Y)).  
remember(X,Y,no) :-asserta(xnegative(X,Y)),fail.  
clear_facts :-retract(xpositive(_, _)),fail.  
clear_facts :-retract(xnegative(_, _)),fail.
```

Призначення системи призначеного для користувача інтерфейсу (СПИ) - зв'язок що вводяться користувачем даних з системою логічного виводу. Головний модуль `do_expert_job` (виконай експертну роботу) і модуль `do_consulting` (виконай консультацію)

здійснюють цей зв'язок. Модуль `ask(X,y)` (запитай) запрошує дані у користувача і зберігає відповіді в базі знань. Крім того, вікно забезпечує додаткова зручність під час консультації. Система призначеного для користувача інтерфейсу повністю приведена нижче:

```
do_expert_job :-setup_window,do_consulting,write("Press space bar."),nl,  
readch(_),removewindow,exit.  
setup_window :-makewindow(1,7,7,"AN EXPERT SYSTEM",1,16,22,58),nl,  
write("** * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *"),nl,write(" A Tree Expert "),nl,  
write(" "),nl,write("This is a tree identification system. "),nl,  
write("Please answer the question about "),nl,  
write("the dog you would like by typing in "),nl,write("'yes' or 'no'. "),nl,  
write("** * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *"),nl,nl.  
do_consulting :-dog_is(X),!,nl,write("the tree you have indicated is a(n)",X,"."),nl,  
clear_facts.
```

```
do_consulting :-nl,write("Sorry I can't help you ! "),clear_facts.
```

```
ask(X,Y):-write(" Question :- ",X," it ",Y," ?"),readln(Reply),
```

```
remember(X,Y,Reply).
```

Відмітьте, що головний модуль `do_expert_job` викликає модулі `setup_window` (встанови вікно) і `do_consulting` (виконай консультацію). Консультуючий модуль має дві альтернативні форми. Перша взаємодіє з механізмом виводу; якщо результат циклу "розпізнавання - дія" позитивний, то результат повідомляється користувачеві. Друга форма повідомляє про негативний результат.

Тепер можна з'єднати окремі компоненти і сформуванати повну експертну систему на правилах для вибору породи дерева.

Ця програма просить користувача вибрати режим консультації або вихід з програми. Потім експертна система вибирає породу дерева на підставі відповідей користувача на питання, або в кінці невдалого пошуку видає повідомлення "Sorry!"

Реалізація:

```
domains
```

```
database
```

```
xpositive(symbol,symbol)
```

```
xnegative(symbol,symbol)
```

```
predicates
```

```
do_expert_bird.
```

```
do_consulting
```

```
ask(symbol,symbol)
```

```
tree_is(symbol)
```

```
positive(symbol,symbol)
```

```
negative(symbol,symbol)
```

```
remember(symbol,symbol,symbol)
```

```
clear_facts
```

```
goal
```

```

do_expert_bird.
clauses
do_expert_bird:-
makewindow(1,7,7,"Expert System",1,3,22,71),
nl,write(" -----"),
nl,write(" A Tree Expert "),nl,write(" "),
nl,write(" Please answer the questions 'yes' or 'no'."),
nl,write(" -----"),nl,nl,
do_consulting,
write("Press space bar."),nl,readchar(_),removewindow,
exit.
do_consulting:-tree_is(X),!,nl,write("Tree ",X,"."),nl,clear_facts.
do_consulting:-nl,write("Sorry !"),clear_facts.
ask(X,Y):-write(" expert> ",X," ",Y," ?"),readln(Reply),remember(X,Y,Reply).
positive(X,Y):-xpositive(X,Y),!.
positive(X,Y):-not(negative(X,Y)),!,ask(X,Y).
negative(X,Y):-xnegative(X,Y),!.
remember(X,Y,yes):-asserta(xpositive(X,Y)).
remember(X,Y,no):-asserta(xnegative(X,Y)),fail.
clear_facts:-retract(xpositive(_, _)),fail.
clear_facts:-retract(xnegative(_, _)),fail.
tree_is("Дуб"):-positive(tree," Листя "),positive(tree," Тверда "),
positive(tree,"Сіро_Коричнева"),positive(tree," Дрібна _текстура"),!.
tree_is("Бук"):-positive(tree," Листя "),positive(tree," Тверда "),
positive(tree,"Світло_Червона"),positive(tree,"Крупна_текстура"),!.
tree_is("Осина"):-positive(tree," Листя "),positive(tree," М'яка "),
positive(tree,"Світла"),positive(tree," Дрібна _текстура"),!.
tree_is("Тис"):-positive(tree," Листя "),positive(tree,"Дуже_тверда"),

```

```
positive(tree," Темна "),!.  
tree_is("Ялина "):-positive(tree,"Хвойна"),positive(tree," М'яка "),  
positive(tree,"Світла"),positive(tree," Смоляниста "),!.  
tree_is("Сосна"):-positive(tree,"Хвойна"),positive(tree," М'яка "),  
positive(tree,"Світла"),positive(tree,"Дуже_ Смоляниста "),!.  
tree_is("Стовб"):-positive(tree,"Не_дерево"),positive(tree,"Дуже_Твердий"),!.
```

### **Метод коефіцієнтів упевненості**

Цей метод заснований на теорії нечіткої логіки(fuzzy logic).

У цій логіці істинність фактів змінюється безперервно від 0 до 1.

Введено поняття лінгвістичної змінної і для роботи з цими змінними і застосовують нечітку логіку.

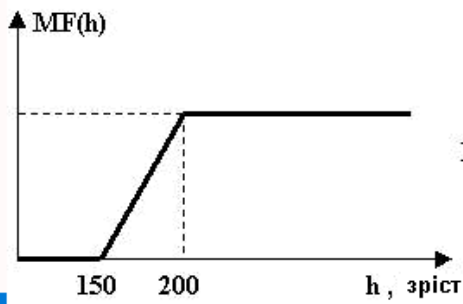
Лінгвістична змінна - оцінка достовірності факту, яка висловлюється.

Для цього вводиться непарна множина:

$\{S_i, MF(S_i)\} \quad i=1,2,\dots,n$

де  $S_i$  - елемент множини,  $MF(S_i)$  - оцінка істинності - функція приналежності до деякої лінгвістичної змінної.





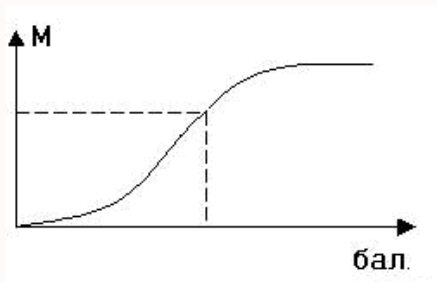
$$MF(h) = \begin{cases} 0, & h < 150 \\ \frac{h-150}{50}, & 150 \leq h \leq 200 \\ 1, & h > 200 \end{cases}$$

Приклад:

Якщо людина висока, то він добре грає в баскетбол

(тут підкреслені слова - лінгвістичні змінні).

Нехай маємо деяку залежність:



У ЕС для обробки нечітких правил виконують 4 етапи:

1. обчислюють критерій істинності лівих частин правил, при цьому використовують

$$m(\neg X) = 1 - m(X)$$

$$m(X \vee Y) = \max(X, Y)$$

$$m(X \wedge Y) = \min(X, Y)$$

Достовірність (у системі MYCIN) факту визначається коефіцієнтом упевненості, який міняється від -1 до 1.

$KY(X) = \mu_i(X) - \mu_n(X)$ , де  $\mu_n(X)$  – оцінка істинна,  
 $\mu_n(X)$  – оцінка помилкова.

2. модифікація нечітких множин в правій частині правила.

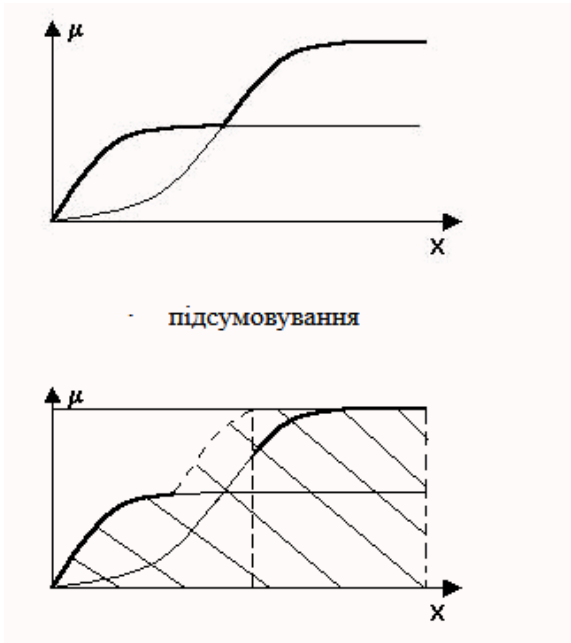
Використовується 2 підходи:

- метод мінімізма
- метод творів (функція, що належить л. частині множиться на функцію, що належить п. частини).

3. для остаточного виводу - суперпозиція підмножин правив.

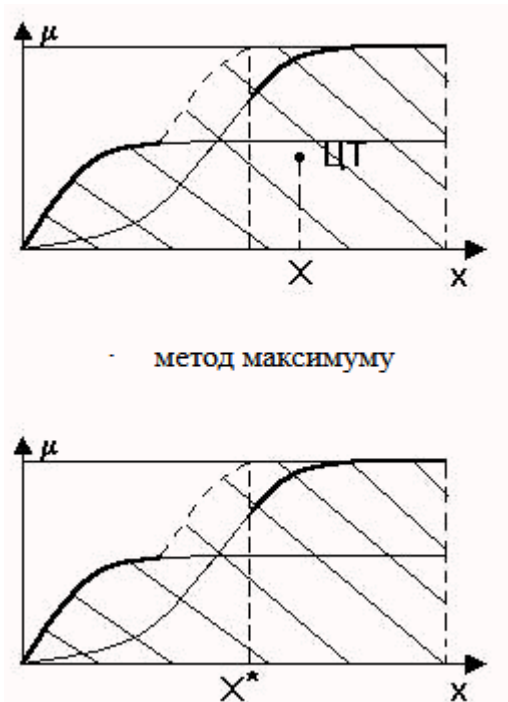
Існує 2 підходи:

- традиційна суперпозиція - береться по максимуму



4. скаляризація - коли нам потрібно дати точну відповідь.

2 підходи:



Значення коефіцієнтів упевненості для кожного статистичного факту з бази знань визначає інженер по знаннях, тобто когнітолог, опитуючи експертів.

Для динамічних фактів значення коефіцієнтів упевненості обчислюється ЕС або з'ясовується з діалогу з користувачем.

### Лабораторна робота №3

Умова: АТП розподіляє маршрутні таксі на новий маршрут залежно від кількості пасажирів(вимірюване мікроавтобусами), яка змінюється від  $N$  до  $N+10$ , де  $N$  - номер студента по журналу. Вартість експлуатації одного мікроавтобуса в день -  $C1$  грн. Вартість проїзду при повному завантаженні маршрутного таксі -  $C2$  грн./день. Якщо умовно "порожніх" таксі більше  $n1$ , то "зайві" - в оперативному порядку передаються на інші маршрути, де працюють з повним навантаженням. Нестача автобусів понад  $n2$  штрафується  $C3$  грн./день за кожен автобус, якого не вистачає.

1. Побудувати матрицю прибутків.
2. Знайти рішення (кількість автобусів в межах від  $N$  до  $N+10$ ), що приносить максимальний дохід в умовах невизначеності і в умовах ризику. Суб'єктивна вірогідність зовнішніх умов  $q_j$  :  $q_j = (12 - j) \cdot j / 286$ ;  $j=1..11$ . □ Вірогідність виконання рішення  $p_{ij}$  :  $p_{ij} = 1 - 0.01(N+i)$
3. Знайти допустиму вартість  $C$  експерименту, що визначає кількість пасажирів на маршруті.

Задана матриця доходів  $e_{ij}$  і відома ймовірність зовнішніх умов  $q_j$ .

Експеримент називатимемо чистим, якщо за допомогою його можна точно визначити зовнішня умова  $F_k$ .

Метою дослідження - є з'ясування допустимої вартості експерименту. Допустимою називатимемо вартість, при якій очікуваний дохід від результатів експерименту перевищуватиме вартість експерименту. За основу приймемо оцінку Байєса-Лапласа :

$$\alpha = \max_i \left( \sum_{j=1}^n e_{ij} q_j \right)$$

Якщо шляхом експерименту вдалося з'ясувати зовнішню умову  $F_k$ , то дохід рівний:

$$\beta_k = \max_i e_{ik}$$

Гіпотетичний середній прибуток:

$$\beta = \sum_{i=1}^n \beta_i q_i$$

Допустима вартість експерименту:

$$C = \beta - \alpha$$

Якщо нерівність виконується, то експеримент треба проводити, інакше - експеримент проводити не варто.

## Лабораторна робота № 4

- Суб'єктивна вірогідність зовнішніх умов  $q_j$  :  $q_j = (12 - j) \cdot j / 286$ ;  $j=1..11$ .  
Вірогідність виконання рішення  $p_{ij}$  :  $p_{ij} = 1 - 0.01(N+i)$
- При умовах лабораторної роботи №3 знайти допустиму вартість  $C$  чистого експерименту, що визначає кількість пасажирів на маршруті.

Задана матриця доходів  $e_{ij}$  і відома ймовірність зовнішніх умов  $q_j$ .

Експеримент називатимемо чистим, якщо за допомогою його можна точно визначити зовнішня умова  $F_k$ .

Метою дослідження - є з'ясування допустимої вартості експерименту. Допустимою називатимемо вартість, при якій очікуваний дохід від результатів експерименту перевищуватиме вартість експерименту. За основу приймемо оцінку Байєса-Лапласа :

$$\alpha = \max_i \left( \sum_{j=1}^n e_{ij} q_j \right)$$

Якщо шляхом експерименту вдалося з'ясувати зовнішню умову  $F_k$ , то дохід рівний:

$$\beta_k = \max_i e_{ik}$$

Гіпотетичний середній прибуток:

$$\beta = \sum_{i=1}^n \beta_i q_i$$

Допустима вартість чистого експерименту:

$$C = \beta - \alpha$$

Якщо нерівність виконується, то експеримент треба проводити, інакше - експеримент проводити не варто.

### 3. Неідеальний експеримент:

В цьому випадку проведення експерименту не дозволяє точно визначити зовнішні умови.

В цьому випадку проведення експерименту не дозволяє точно визначити зовнішні умови.

Експеримент дає тільки 1-несумісних результатів  $\beta_1, \beta_2 \dots, \beta_l$  вірогідність яких відома

### **Лабораторна робота №5.**

Для заданих альтернатив та заданих значень критеріїв виконати ранжування з урахуванням вагових коефіцієнтів (альтернативи, значення критеріїв та вагові коефіцієнти задаються з журналу СНІР).

Для цього необхідно:

Нормалізувати критерії та ваги критеріїв.

1. Проранжувати альтернативи за суперкритеріями:

- адитивний
- мультиплікативному
- Кобба – Дугласа

2. Застосувати метод головного приватного критерію, вважаючи, що за важливістю критерії розташовані за спаданням  $F_1, F_2, F_3 \dots$

3. Проранжувати альтернативи методом ідеальної точки, використовуючи евклідову міру  $k=2$

4. Виконати ранжування за Парето, використовуючи таблицю переваг

### **Лабораторна робота 6 «Аналитическая иерархическая процедура»**

На початку 1970 року американський математик Томас Сааті розробив процедуру підтримки прийняття рішень, яку назвав "Analytic hierarchy process" (АНР). Автори російського видання перевели цю назву як "Метод аналізу ієрархій" (див. книгу: Сааті Т. Прийняття рішень. Метод аналізу ієрархій. - М.: Радіо і Зв'язок,

1993). Цей метод відноситься до класу критеріальних і займає особливе місце, завдяки тому, що він набув виключно широкого поширення і активно застосовується до цього дня, особливо в США. З цієї причини він заслуговує докладного описання в окремому розділі. Не слід думати, що його видатна популярність пояснюється якими-небудь важливими перевагами цього методу, в порівнянні з іншими. Я думаю, що тут ми стикаємося з відомим психологічним феноменом: продукт, що з'явився першим і що вдало задовольняє певну потребу, захоплює ринок. Пізніші продукти, часто більш здійснені, часто виявляються нездібні витіснити удачливий первісток.

На основі цього методу розроблені достатньо серйозні системи підтримки ухвалення рішень, наприклад "Expert choice"

Описання методу виконаємо на конкретному прикладі вибору автомобіля.

#### **Альтернативи:**

- Nissan
- Dewoo
- Skoda
- Mercedes

#### **Критерії:**

- стиль
- надійність
- економія палива

У основі АНР все та ж лінійна згортка, але оцінки альтернатив і ваги критеріїв виходять особливим чином. Його ми зараз і розглянемо.

У моделі АНР замість критеріальної таблиці прийнята ієрархія. Представимо її таким чином:

**Рівень 0** : Мета - вибрати автомобіль.

**Рівень 1** : Критерії: стиль, надійність, економічність.

Рівнів може бути скільки завгодно. Наприклад, критерій 1-го рівня "надійність" можна розкрити рівнем 2 як: 1) надійність двигуна, 2) надійність кузова, 3) надійність ходової частини. Надійність ходової частини можна далі розкрити рівнем 3, наприклад, як а) надійність гальмівної системи, б) надійність підвіски і так далі Ми ж, для простоти пояснення, обмежимося Рівнем 1.

Тепер потрібно отримати оцінки кожної альтернативи по кожному критерію. Якщо існують об'єктивні оцінки, то вони просто виписуються і нормуються так, щоб їх сума була рівна одиниці. Наприклад, якби нас цікавив критерій "максимальна швидкість" і були б відповідні дані по кожному автомобілю, то потрібно було б скласти наступну таблицю.

<b>АЛЬТЕРНАТИВИ</b>	<b>МАКСИМАЛЬНА ШВИДКІСТЬ (КМ/ГОД)</b>	<b>НОРМОВАНЕ ЗНАЧЕННЯ</b>
Nissan	140	0,259
Dewoo	130	0,241
Skoda	120	0,222
Mersedes	150	0,278
<i>Сума</i>		<i>1,000</i>

А як бути з таким критерієм як "стиль", для якого не існує об'єктивних оцінок? В цьому випадку процедура Сааті рекомендує використовувати парні порівняння. Для фіксації результату порівняння пари альтернатив може використовуватися, наприклад, шкала наступного типу:

1	- РІВНОЦІННІСТЬ
---	-----------------



3	- помірна перевага
5	- сильна перевага
7	- дуже сильна перевага
9	- вища (крайня) перевага

Особу, що приймає рішення (ОПР), просять попарно порівняти альтернативи. Результат парних порівнянь альтернатив для критерію "стиль" записується у вигляді таблиці:

	Nissan	Dewoo	Skoda	Mercedes
Nissan	1/1	1/4	4/1	1/6
Deo	4/1	1/1	4/1	1/4
Skoda	1/4	1/4	1/1	1/5
Mercedes	6/1	4/1	5/1	1/1

Прості дроби в клітках трактуються таким чином. Наприклад, на перетині рядки "Deo" і стовпця "Nissan" записаний дріб 4/1. Це висловлює думку ОПР про те, що "стильність" Deo в 4 рази вище, ніж "стильність" Жигулів. Тут замість приведеної вище шкали переваги використовувалося поняття "Бути краще в N разів", що також допустимо. Далі прості дроби переводяться в десяткові. Виходить така таблиця.

	Nissan	Dewoo	Skoda	Mercedes
Nissan	1	0.25	4	0.17
Deo	4	1	4	0.25
Skoda	0.25	0.25	1	0.2
Mercedes	6	4	5	1

Ця таблиця є не що інше, як таблиця результатів парних порівнянь (див. розділ "Некритеріальна структуризація безлічі альтернатив"). Поступимо з нею так само, як ми поступали у вказаному розділі - порахуємо *рядкові суми*.

	Nissan	Dewoo	Skoda	Mersedes	Сума по рядку
Nissan	1	0.25	4	0.17	5.42
Deo	4	1	4	0.25	9.25
Skoda	0.25	0.25	1	0.2	1.7
Mersedes	6	4	5	1	16.00
				<b>Сума</b>	<b>32.37</b>

Тепер, на відміну від колишнього, нормуємо суми так, щоб їх сума у свою чергу була рівна 1. Для цього просто розділимо суму кожного рядка на 32,37 (сума останнього стовпця, тобто сума самих рядкових сум). Отримаємо:

	Nissan	Dewoo	Skoda	Mersedes	Сума по рядку
Nissan	1	0.25	4	0.17	0.116
Dewoo	4	1	4	0.25	0.247
Skoda	0.25	0.25	1	0.2	0.060
Mersedes	6	4	5	1	0.577
				<b>Сума</b>	<b>1.00</b>

У методі Сааті отримані таким чином нормовані суми приймаються як оцінки альтернатив по критерію "стильність". Відзначимо, що отримані оцінки відображають виключно точку зору конкретної ОПР. Насправді, замість рядкових сум Са-

аті рекомендує використовувати власний вектор матриці парних порівнянь, вважаючи його точнішою оцінкою. Ми ж для простоти обмежимося рядковими сумами, які допустимі, але, з погляду Сааті, менш точні.

Аналогічним чином виходять ваги критеріїв. Припустимо, конкретне ЛПР порівняло попарно критерії з погляду їх порівняльної важливості. Запишемо результати порівнянь у вигляді таблиці.

	Стиль	Надійність	Економічність
Стиль	1/1	1/2	3/1
Надійність	2/1	1/1	4/1
Економічність	1/3	1/4	1/1

Як і раніше, затвердження типу "надійність в 2 рази важливіше за стиль" записується у вигляді дроби 2/1.

Застосовуючи до цієї таблиці описану вище процедуру, отримаємо ваги критеріїв:

$$w_1 = 0,32 \text{ (стиль)}, w_2 = 0,56 \text{ (надійність)}, w_3 = 0,12 \text{ (економічність)}.$$

Таким чином, ми можемо отримати як ваги критеріїв, так і оцінки альтернатив по критеріях:

	Стиль	Надійність	Економічність
Nissan	0.116	0.379	0.301
Dewoo	0.247	0.290	0.239
Skoda	0.060	0.074	0.212
Mersedes	0.577	0.257	0.248

Далі, застосовуючи лінійну згортку (зважену суму), отримаємо наступні *інтегральні* оцінки альтернатив (функція корисності):

Nissan	0.306
Dewoo	0.272
Skoda	0.094
Mersedes	0.328

Потім проводиться аналіз відношення вартість/ефективність. Використовується відношення отриманої інтегральної оцінки до нормованої вартості. Якнайкращою вважається альтернатива, для якої вказане відношення *максимальне*.

	Вартість в \$	Вартість нормована	Функція ко- рисності	Відношення
Dewoo	3000	0.18	0.272	1.51
Nissan	4000	0.24	0.306	1.28
Mersedes	7000	0.43	0.328	0.76
Skoda	2000	0.15	0.094	0.63
Сумма	16 000	1.00	1.00	

Таким чином, враховуючи переваги даної конкретної ОПР, процедура АНР рекомендує йому вибрати Deo.

### **Декілька завершальних зауважень**

Як вже відмічено на початку цього розділу, виключно широкий досвід практичного використання АНР додав процедурі отакий магічний ореол. Не дивлячись на це, я спробую, по можливості об'єктивно, відзначити її достоїнства і недоліки.

Головним достоїнством процедури можна вважати той факт, що ваги критеріїв і оцінки по суб'єктивних критеріях не призначаються прямим вольовим методом (як найчастіше намагаються робити, не сильно замислюючись про коректність такого волюнтаризму), а на основі парних порівнянь. При цьому, на мій погляд, залишається невизначеним (інтуїтивним) поняття "Перевага в N разів", але все одно - це великий крок вперед. Не можна не відзначити, що порівняно недавно Подіновським зроблена спроба точно визначити, що означає кількісну перевагу одного критерію над іншим.

Інша гідність - представлення критеріїв у вигляді ієрархії (дерева). Така структура, якщо вдуматися, внутрішньо властива самому поняттю "критерій", тобто критерії за своєю природою ієрархічні. Використовуючи одну критеріальну таблицю, ми по суті справи спрощуємо ситуацію, виконуючи оцінку або для верхніх рівнів дерева критеріїв, або для самих нижніх (як говорять математики "для листя дерева"). Великої біди в цьому немає, але при оцінці складних альтернатив корисно мислити в термінах дерева критеріїв.

Тепер про недоліки. Перший стосується шкали переваги. Нагадаю, що Сааті пропонує наступну шкалу:

1	- рівноцінність
3	- помірна перевага
5	- сильна перевага
7	- дуже сильна перевага
9	- вища (крайня) перевага

Тепер представимо ситуацію, коли одночасно справедливі наступні 2 твердження: а) "альтернатива A1 дуже сильно перевершує альтернативу A2" і б) "альтернатива A2 дуже сильно перевершує альтернативу A3". Що можна сказати про

перевагу альтернативи А1 над альтернативою А3? Логічно було б зробити висновок, що альтернатива А1 перевершує альтернативу А3 в 49 разів (7 помножити на 7)!? Але цей вивід явно не укладається в рамки заданої шкали. Як же бути? Процедура АНР не дає відповіді на це каверзне питання. Швидше за все, доведеться задовольнитися затвердженням типу: "альтернатива А1 має вищу перевагу над альтернативою А3" і надалі використовувати градацію шкали "9".

Основний недолік полягає в тому, що парні порівняння використовуються для набуття кількісних значень. Серйозні дослідження останнього десятиліття приводять до виводу, що коректніше і надійніше використовувати парні порівняння для отримання тільки якісних висновків, типу: "критерій К1 важливіший за критерій К2", не уточнюючи **на скільки** важливіше.

Проте, можна рекомендувати процедуру АНР для використання, особливо непрофесіоналами, з метою отримати грубу оцінку функції корисності, не додаючи їй сенсу "істини в останній інстанції".