

**Єфіменко Н.А., професор кафедри  
інформаційно-вимірювальних технологій, д.е.н., професор  
Єфіменко В.С., студент**  
*Державний університет «Житомирська політехніка»*

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ НАДАННЯ ПОСЛУГ НА АВТОТРАНСПОРТНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Вступ. При математичному моделюванні процесів, для яких характерна багатокритеріальність класичні методи точного кількісного аналізу завдань виявляються недостатніми через слабку структурованість і невизначеність їх параметрів.

Для вирішення завдань контролю якості надання послуг на автотранспортному підприємстві (АТП) в умовах багатокритеріальності і невизначеності даних пропонується концепція дворівневого підходу в їх моделюванні. Ця концепція полягає в наступному:

- розробка загальної схеми дворівневого моделювання і вибір чисельних методів її реалізації;
- розробка моделі нижнього рівня, тобто моделювання початкових даних і параметрів завдання на базі апарату інтервальної математики, теорії ймовірності та математичної статистики, а також аналізу. Таким чином, на нижньому рівні здійснюється моделювання початкових даних для моделі верхнього рівня;
- розробка моделі верхнього рівня, тобто формулювання і дослідження векторної задачі з нечіткими або інтервально заданими параметрами, які були отримані на нижньому рівні моделювання. Математична модель верхнього рівня – це модель теорії оптимізації, на базі якої будується і обґрунтовується найбільш доцільне рішення поставленої задачі.

За допомогою дворівневого моделювання здійсимо процес моделювання вибору і ухвалення стратегії моніторингу якості технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

На нижньому рівні моделювання здійснюється структуризація експертної інформації про те, що є у розпорядженні АТП (трудові, технічні ресурси). На верхньому рівні моделювання формулюється і досліджується завдання знаходження альтернативних проектів підвищення якості технічного обслуговування та ремонту автомобілів і вибір кращого з них. Математична постановка цієї задачі представляє собою векторну задачу про досконалі поєднання в 3-дольному 3-однорідному гіперграфі.

Моделювання на нижньому рівні.

Наприклад, запропоновано чотири види робіт, що виконуються на підприємстві по технічному обслуговуванню і ремонту транспортних засобів:

- поточний ремонт автомобілів;
- переобладнання автомобілів;
- діагностика стану автомобілів;
- технічне обслуговування автомобілів.

Для розгляду пропонується чотири форми організації підприємств. Це агрегатно-дільнична форма; комплексна форма; операційно-постова форма; агрегатно-зональна форма.

Метою АТП є найбільш якісне задоволення потреб споживачів з урахуванням можливостей АТП. Таким чином, побудова стратегії організації роботи АТП базується на векторних оцінках наступних трьох вимог:

- оцінка послуг, які надає АТП;
- оцінка потреб споживачів;
- оцінка існуючих ресурсів АТП.

На базі кожної з цих векторних оцінок формується інтегральна оцінка відповідно показника привабливості послуг, які пропонуються (Р), показника їх споживчої якості (S) і якості виконаних робіт на підприємствах з відповідною формою організації (Q).

Вказане формування оцінок проводиться викладеним нижче методом аналітичної ієрархії (Analytic Hierarchy Process – АНР) що набув в даний час широкого поширення.

Перевагою методу АНР є те, що він може застосовуватися в тих випадках, коли експерти або особи, що ухвалюють рішення, не можуть дати абсолютні оцінки альтернатив по критеріям і користуються слабкішими порівняльними вимірюваннями. На нижньому (першому) рівні ієрархії АНР фахівці відділу маркетингу (експерти) використовуючи шкалу відносної важливості, попарним порівнянням розставляють коефіцієнти важливості для кожного рівня ієрархії: критерії – альтернативи. Відмітимо, що рівні відносної важливості приведені до числових значень (табл. 1).

Таблиця 1

Шкала відносної важливості	
Рівень відносної важливості	Кількісне значення
Рівна важливість	1
Помірна перевага	3
Істотна або сильна перевага	5
Значна велика перевага	7
Дуже велика перевага	9

Далі обчислюються коефіцієнти важливості кожного рівня і підраховується показник якості кожної альтернативи. Опис реалізації етапів методу АНР представимо на конкретному прикладі груп критеріїв, що відносяться до кожної з трьох вимог і конкретних експертних оцінках рівнів відносної важливості.

Комісія з контроль якості надання послуг розглядає послуги, що пропонуються на АТП  $H_j$ ,  $j = 1 \dots m$ , ( $m = 4$ ):

$H_1$  – поточний ремонт автомобілів.

$H_2$  – переобладнання автомобілів.

$H_3$  – діагностика стану автомобілів.

$H_4$  – технічне обслуговування автомобілів.

Також визначені критерії АТП:

$K_1$  – економічність процесу виконання робіт;

$K_2$  – прибутковість з проведених робіт;

$K_3$  – термін виконання робіт;

$K_4$  – трудомісткість робіт.

За допомогою експертів Компанії, використовуючи шкалу відносної важливості заповнюється табл.

2.

Таблиця 2

**Матриця порівнянь критеріїв АТП**

Критерії	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	Власний вектор	Вага $w_i$
$K_1$	1	1/3	3	1/3	0,760	0,151
$K_2$	3	1	5	1	1,968	0,391
$K_3$	1/3	1	1	1/3	0,340	0,067
$K_4$	3	1	5	1	1,968	0,391

Відзначимо, що критерії «прибутковість з проведених робіт  $K_2$ » і «трудомісткість робіт  $K_4$ » мають для АТП рівну важливість, помірно перевершують по важливості критерій «економічність процесу виконання робіт  $K_1$ » і істотно перевершують критерій «термін виконання робіт  $K_3$ ».

Для розрахунку коефіцієнтів важливості критеріїв необхідно обчислити власний вектор матриці, обраховуючи корінь  $n$ -го ступеня ( $n$  – розмірність матриці порівнянь) з добутку елементів кожного рядка а потім шляхом нормування елементів власного вектору матриці визначаються коефіцієнти важливості або ваги критеріїв  $w_i$ ,  $i=1, n$ ,

Так само розраховується відносна важливість  $v_{ji}$  кожної послуги  $H_j$  по кожному з критеріїв  $K_i$ ,  $j = 1 \dots m$ ,  $i = 1 \dots n$  (табл. 3).

Таблиця 3

Відносна важливість послуг по критерію  $K_1$  економічність процесу виконання робіт

Послуги	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	Власний вектор	Вага $v_{j1}$
$H_1$	1	1/5	3	3	1,16	0,23
$H_2$	5	1	5	5	3,34	0,65
$H_3$	1/3	1/5	1	1/3	0,39	0,08
$H_4$	1/3	1/5	3	1	0,2	0,04

Наступним етапом здійснюється визначення якості кожної альтернативи. Для цього використовуючи метод аналітичної ієрархії, необхідно провести синтез отриманих коефіцієнтів важливості. Необхідні обчислення здійснюються за формулою:

$$S_j = \sum_{i=1}^N w_i \cdot v_{ji} \quad (1)$$

де  $S_j$  – показник якості  $j$ -ої альтернативи;  $w_i$  – вага  $i$ -го критерію;  $v_{ji}$  – важливість  $j$ -ої альтернативи по  $i$ -й послугі;

Для чотирьох варіантів послуг проведені обчислення, які дозволяють провести розрахунок показників  $P_j$  привабливості послуг для АТП:

$$\begin{aligned} P_1 &= 0,151 \cdot 0,23 + 0,391 \cdot 0,57 + 0,067 \cdot 0,22 + 0,391 \cdot 0,12 = 0,320 \\ P_2 &= 0,151 \cdot 0,65 + 0,391 \cdot 0,26 + 0,067 \cdot 0,57 + 0,391 \cdot 0,06 = 0,261 \\ P_3 &= 0,151 \cdot 0,08 + 0,391 \cdot 0,06 + 0,067 \cdot 0,10 + 0,391 \cdot 0,56 = 0,261 \\ P_4 &= 0,151 \cdot 0,04 + 0,391 \cdot 0,11 + 0,067 \cdot 0,11 + 0,391 \cdot 0,26 = 0,158 \end{aligned} \quad (2)$$

В результаті опиту і анкетування споживачів фахівцями АТП (експертами) виділені наступні споживчі критерії від яких залежить якість  $C_i$  (табл. 4).

- $C_1$  – методи виконання робіт;
- $C_2$  – кваліфікація персоналу;
- $C_3$  – швидкість виконання робіт;
- $C_4$  – обладнання для виконання робіт.

Таблиця 4

**Матриця порівнянь споживчих критеріїв  $C_i$**

Критерії $C_i$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	Особистий вектор	Вага $w_i$
$C_1$	1	3	3	5	2,590	0,499
$C_2$	1/3	1	1	1/5	0,508	0,098
$C_3$	1/3	1	1	1/7	0,467	0,090
$C_4$	1/5	5	7	1	1,627	0,313

Критерій « $C_1$  – методи виконання робіт» істотно перевершує критерій « $C_4$  – обладнання для виконання робіт» і помірно перевершує критерії « $C_2$  – кваліфікація персоналу;» і « $C_3$  – швидкість виконання робіт». При цьому розрахунок компонент власного вектору і коефіцієнтів важливості критеріїв, тобто ваги  $w_i$  здійснюється аналогічно описаному вище розрахунку.

Оскільки АТП для контролю якості виконуваних послуг може застосовувати будь-які з чотирьох видів технічного контролю (суцільний, вибірковий, безперервний, періодичний), то існує  $L_j$ ,  $j=1...16$  можливих комбінацій виконуваних послуг з використанням певного виду технічного контролю:  $j=1$  – поточний ремонт автомобілів з використанням суцільного технічного контролю;  $j=2$  – поточний ремонт автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю;  $j=3$  – поточний ремонт автомобілів з використанням безперервного технічного контролю;  $j=4$  – поточний ремонт автомобілів з використанням періодичного технічного контролю;  $j=5$  – переобладнання з використанням суцільного технічного контролю;  $j=6$  – переобладнання автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю;  $j=7$  – переобладнання автомобілів з використанням безперервного технічного контролю;  $j=8$  – переобладнання автомобілів з використанням періодичного технічного контролю;  $j=9$  – діагностика стану автомобілів з використанням суцільного технічного контролю;  $j=10$  – діагностика стану автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю;  $j=11$  – діагностика стану автомобілів з використанням безперервний технічного контролю;  $j=12$  – діагностика стану автомобілів з використанням періодичного технічного контролю;  $j=13$  – технічне обслуговування автомобілів з використанням суцільного технічного контролю;  $j=14$  – технічне обслуговування автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю;  $j=15$  – технічне обслуговування автомобілів з використанням безперервного технічного контролю;  $j=16$  – технічне обслуговування автомобілів з використанням періодичного технічного контролю;

**Висновки.** Запропонована математична модель контроль якості надання послуг АТП дозволяє визначати відносні оцінки важливості необхідних критеріїв для вибору найбільш пріоритетних видів робіт, враховуючи форму організації виробництва для технічного обслуговування та ремонту автомобілів, використовуючи диференціальний та інтегральний критерії оцінки якості виконаних робіт, економічність процесу виконання робіт, трудомісткість робіт, термін виконання робіт, прибутковість з проведених робіт, методи виконання робіт; кваліфікацію персоналу; швидкість виконання робіт; обладнання для виконання робіт. Ця модель базується на оцінках рівнів відносної важливості кожного критерія.