

Хаврук В.О., асистент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу  
Національний транспортний університет

## ОЦІНКА СТАНУ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОГО КОЕФІЦІЄНТА ПРОГНОЗУ

За допомогою комплексного коефіцієнта прогнозу ( $K_{np}$ ) можливо оцінити стан системи технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) автотранспортної компанії, а також охарактеризувати можливість отримання необхідних результатів послуг (робіт). Цей коефіцієнт несе в собі великий обсяг інформації, описуючи показники процесу надання автотранспортних послуг. Необхідно оцінити рівень впливу кожного параметра на об'єкт ТЕА для реалізації кінцевої мети, а також відсіяти несуттєві ознаки.

У відповідності вимогам системи якості ТЕА оцінюють наступні складові: організаційно-технічне забезпечення; стан будівель і споруд; номенклатуру і стан технологічного обладнання, оснащення; кадрове забезпечення; номенклатура і стан контрольно-діагностичного, випробувального обладнання і засобів вимірювання; наявність нормативної і техніко-технологічної документації; стан охорони праці.

Ці складові описані відповідними коефіцієнтами  $K_1, \dots, K_7$ . Для порівняння цих коефіцієнтів за значимістю для ТЕА і впливу на кінцеву мету діяльності автотранспортної компанії, необхідно сформувати сукупність ознак, які використовуються для розпізнавання. Нехай відома сукупність класів  $\Omega = \{\Omega_1 \dots \Omega_n\}$ , а також значення ознак, якими характеризуються об'єкти ТЕА, що відносяться до відповідних класів (апріорні ознаки). Позначимо  $x_{pk}^j$  значення,  $j$ -ої ознаки  $k$ -го об'єкту  $p$ -го класу, де  $j = 1, \dots, n$ ;  $k = 1, \dots, k_p$ ; Введемо величини  $S(\Omega_p), S(\Omega_q), R(\Omega_p, \Omega_q)$  [1, с.159]:

$$S(\Omega_p) = \sqrt{\frac{1}{K_p} \frac{1}{K_{p-1}} \sum_{k=1}^{K_p} \sum_{l=1}^{K_{p-1}} \sum_{j=1}^n = \lambda_j (x_{pk}^j - x_{pl}^j)^2}$$
$$R(\Omega_p, \Omega_q) = \sqrt{\frac{1}{K_p} \frac{1}{K_q} \sum_{k=1}^{K_p} \sum_{l=1}^{K_{p-1}} \sum_{j=1}^n = \lambda_j (x_{pk}^j - x_{pl}^j)^2}$$
(1)

де  $\lambda_j$  – компоненти вектора  $\lambda = \{\lambda_1, \dots, \lambda_n\}$ , набувають значень 1 або 0 залежно від того, чи використовується ця ознака апіорної сукупності в класі, тобто.  $\lambda_j = \{0^1$ .

За формулами (1) визначаються відповідно середньоквадратичний розкид якісних послуг усередині класу  $S(\Omega_p)$  середньоквадратичним розкидом послуг, що не відповідає нормативам усередині класу, і середньоквадратичний розкид між цими класами послуг  $R(\Omega_p, \Omega_q)$ .

Найбільш загальним припущенням відносно витрат ресурсів на розробку засобів систем розпізнавання або використання наявних являється припущення відносно адитивності витрат ресурсів, тобто:

$$C = C(\lambda_1, \dots, \lambda_n) = \sum_{j=1}^n C_j \lambda_j,$$
(2)

де  $C_j$  – витрати на створення технічного засобу, призначеного для визначення  $j$ -ої ознаки.

Нехай на розробку вимірювальних засобів системи розпізнавання виділені ресурси, величина яких рівна  $C_0$ .

Якщо  $C_0 \geq \sum C_j \lambda_j$ , то надається можливість в повному обсязі реалізувати апіорну сукупність ознак. Якщо  $C_0 \leq \sum C_j \lambda_j$ , то виникає завдання розробки такої сукупності ознак, яка в умовах обмежень  $C_0 \geq \sum C_j \lambda_j$  забезпечує найбільшу ефективність проектованої системи розпізнавання. В якості критерію ефективності в загальному випадку доцільно використати величину  $Fr$  [1, с.160]:

$$Fr = \frac{R^2(\Omega_p, \Omega_q)}{S(\Omega_p) \cdot S(\Omega_q)},$$
(3)

яка характеризує відношення відстаней між класами до розкидів об'єктів усередині класів – чим компактніше в просторі розташовуються об'єкти, що належать кожному класу, і чим при цьому відстані між класами більше, тим, за інших рівних умов, точніше можуть розпізнаватися невідомі об'єкти.

Для того, щоб визначити стан системи ТЕА автотранспортної компанії, необхідно застосувати таку теорію, яка забезпечувала б можливість з мінімальними помилками зіставляти інформацію про ознаки розпізнаваного об'єкта або явища з апіорним описом класів на полі ознак. Результатом цього зіставлення стане розпізнавання відомого об'єкта, тобто визначення класу, до якого він може бути віднесений. Це завдання можна вирішити за допомогою теорії розпізнавання образів. Для сукупності

об'єктів ТЕА існують два класи  $\Omega_1$  (роботи задовольняють вимогам якості і економічності) і  $\Omega_2$  (що не задовольняють). При цьому мається на увазі, роботи з технічної експлуатації транспортних засобів мають здійснюватися з урахуванням аналізу даних моніторингу техніко-економічних характеристик АТЗ. Для характеристики об'єкту необхідно вибрати одну ознаку  $x$  (одна із складових комплексного коефіцієнта прогнозу), із-за якого об'єкт не задовольняє вимогам сертифікації. Для опису класів необхідно використати умовну щільність розподілу ймовірності значень ознаки об'єктів класу  $\Omega_1$  і  $\Omega_2$ , тобто функції  $f_1(x)$  і  $f_2(x)$ , а також апіорна ймовірність появи об'єктів першого і другого класів  $P(\Omega_1)$  і  $P(\Omega_2)$ . Експериментальне значення ознаки розпізнаваного об'єкту  $x_0$ . Через  $x^*$  позначимо деяке, поки невизначене, значення ознаки  $x$  і дотримуватимемося наступного виду прийняття рішень:

- якщо виміряне значення ознаки  $x^*$  у розпізнаваного об'єкту більше ніж  $x$ , то об'єкт відноситься до другого класу (роботи не задовольняють вимогам якості і економічності);
- якщо  $x^*$  менше  $x_0$  – то до першого класу (рис. 1).

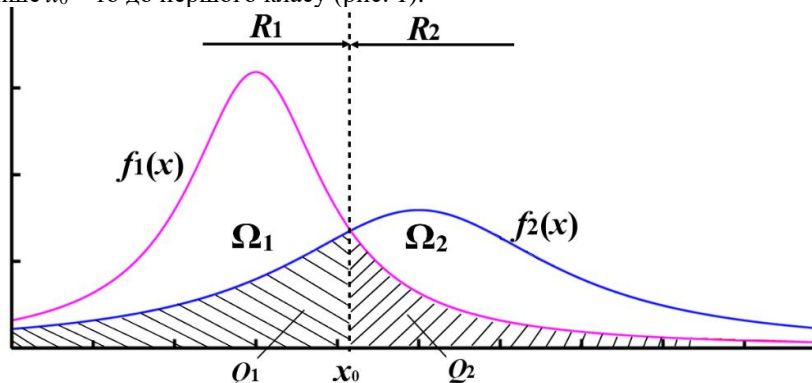


Рис. 1 – Визначення граничних значень складових комплексного коефіцієнта прогнозу  $K_{np}$

Якщо об'єкт відноситься до першого класу, а його помилково вважають об'єктом другого класу, то здійснена помилка, яку називають помилкою першого роду, і вибрана гіпотеза  $H_1$  хибна, тоді як справедлива гіпотеза  $H_2$ . Умовна ймовірність помилки першого роду, тобто ймовірність віднести об'єкт до другого класу, коли він відноситься до першого визначається за формулою:

$$Q_1 = \int_{x_0}^{\infty} f_1(x) dx \quad (4)$$

Якщо об'єкт відноситься до другого класу, а його вважають об'єктом першого класу, то здійснена помилка і помилково вибрана гіпотеза  $H_1$ , в той час, як справедлива гіпотеза  $H_2$ .

Умовна ймовірність помилки другого роду, тобто ймовірність віднести об'єкт до першого класу, коли він відноситься до другого визначається за формулою:

$$Q_2 = \int_{x_0}^{\infty} f_2(x) dx \quad (5)$$

Таким чином, виникають помилки як першого роду, що іноді називаються ймовірністю неправдивої тривоги, так і другого роду, що іноді називаються, ймовірністю пропуску мети. Можуть виникнути помилки першого роду, коли за результатами аналізу моніторингу техніко-економічних характеристик автотранспортних засобів (АТЗ) були здійснені технологічні роботи з ТЕА, тоді як їх можна було б не проводити раніше нормативних термінів. При виникненні помилки другого роду маємо помилково не виконані роботи з технічного обслуговування АТЗ.

Нехай значення ознаки  $x$  у об'єктів в кожному класі підпорядковані нормальному закону розподілу з математичними очікуваннями  $m_1$ , і  $m_2$ , і середньоквадратичними відхиленнями  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$  відповідно:

$$f_1 = \frac{1}{\sigma_1 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m_1)^2}{2\sigma_1^2}}, \quad f_2 = \frac{1}{\sigma_2 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m_2)^2}{2\sigma_2^2}} \quad (6)$$

Підставляючи значення  $f_1(x)$  і  $f_2(x)$  в (4) отримаємо:

$$Q_1 = \int_{x_0}^{\infty} f_1(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x) dx - \int_{-\infty}^{x_0} f_1(x) dx = 1 - F\left(\frac{x_0 - m_1}{\sigma_1}\right), \quad (7)$$

де  $F\left(\frac{x_0 - m_1}{\sigma_1}\right)$  – функція Лапласа.

Підставивши для умовної ймовірності пропуску мети значення функції отримуємо:

$$Q_2 = \int_{-\infty}^{x_0} f_2(x) dx = F\left(\frac{x_0 - m_2}{\sigma_2}\right) \quad (8)$$

Умовна ймовірність правильних рішень про терміни і обсяги робіт, що виконуються, при справедливості гіпотез  $H_1$  і  $H_2$ , відповідно дорівнюють:

$$D_1 = 1 - Q_1 = F - \left(\frac{x_0 - m_1}{\sigma_1}\right) \quad (9)$$

$$D_2 = 1 - Q_2 = F - \left(\frac{x_0 - m_2}{\sigma_2}\right) \quad (10)$$

У теорії статистичних рішень  $Q_1$  називається розміром випробувань, а  $D_2 = 1 - Q_2$  – потужністю випробувань. При виборі граничного значення  $x_0$ , тобто при розділенні простору ознаки  $x$  на напівпростори  $R_1$  і  $R_2$  мають враховувати втрати, пов'язані з правильними і помилковими рішеннями.

Середні втрати при багатократному розпізнаванні невідомих об'єктів дорівнюють сумі втрат, пов'язаних з неправильними і правильними рішеннями про сертифікацію (при цьому враховуються умовна ймовірність їх появи і апіорна ймовірність вступу на вхід системи розпізнавання об'єктів першого і другого класів), тобто [1, с.163]:

$$\bar{R} = P(\Omega_1) \cdot c_{11} \cdot (1 - Q_1) + P(\Omega_1) \cdot c_{12} \cdot Q_1 + P(\Omega_2) \cdot c_{22} \cdot (1 - Q_2) + P(\Omega_2) \cdot c_{21} \cdot Q_2, \quad (11)$$

де  $c_{11}$  і  $c_{22}$  – втрати, пов'язані з правильними рішеннями;  $c_{12}$  і  $c_{21}$  – втрати, пов'язані із здійсненням помилок першого і другого роду відповідно.

Підставивши в цей вираз значення  $Q_1$  і  $Q_2$ , отримаємо:

$$\bar{R} = P(\Omega_1) \cdot \left[ c_{11} \cdot \int_{-\infty}^{x_0} f_1(x) dx + c_{12} \cdot \int_{x_0}^{\infty} f_1(x) dx \right] + P(\Omega_2) \cdot \left[ c_{22} \cdot \int_{x_0}^{\infty} f_2(x) dx + c_{21} \cdot \int_{-\infty}^{x_0} f_2(x) dx \right] \quad (12)$$

Втрати, пов'язані із здійсненням помилок першого роду (ймовірність неправдивої тривоги) – неотриманий прибуток, визначаються значенням  $c_{12}$ . Втрати, пов'язані із здійсненням помилок другого роду (ймовірність пропуску мети) – витрати, пов'язані з відновленням транспортного засобу в результаті дорожньо-транспортної події, відшкодування збитку  $C_{зб}$ , і страхування  $C_{страх}$  – при помилковому не проведенні робіт за ознакою  $x$  визначається значенням параметра  $c_{21}$ :

$$c_{21} = C_{зб} + C_{страх} \quad (13)$$

Витрати, пов'язані з відновленням транспортного засобу, можна оцінити згідно з методикою [2],  $c_{12}$  визначається згідно з методикою [3], приймаючи  $c_{11} = c_{22} = 0$ . Витрати, пов'язані з отриманням інформації, що стосується показників з  $c_{12}$ ,  $c_{21}$  можуть бути значними, тому приймається  $c_{21} = c_{12}$  і  $P(\Omega_1) = P(\Omega_2)$ , отже:

$$x_0 = \frac{m_1 + m_2}{2} \quad (14)$$

Значення  $x_0$ , дозволяє мінімізувати середній ризик і розділити простір ознак на дві області:  $R_1$  і  $R_2$ . Область  $R_1$ , складається із значень  $x < x_0$ , для яких  $\lambda(x) < \lambda_0$ ,  $R_2$  – із значень  $x > x_0$ , для яких  $\lambda(x) > \lambda_0$ . Тому, рішення про віднесення об'єкту до першого класу (роботи по технічній експлуатації АТЗ, що забезпечують якість, і їх економічність) необхідно приймати, якщо значення коефіцієнта правдоподібності менше його критичного значення, і до другого класу (що не забезпечують), якщо більше його критичного значення.

**Висновки.** Розглянутий теоретичний підхід дозволяє вирішити два важливі завдання. По-перше, визначати структури складових комплексного коефіцієнта прогнозу  $K_{пр}$ , найбільш значимих для прийняття рішення про виконання робіт з ТО і ремонту АТЗ. По-друге, знаходити числові інтервали складових  $K_{пр}$ . Це дозволить підвищити обґрунтованість рішення про виконання ТО і ремонтів АТЗ.

#### Література

1. Воробьев С.А. Методика оценки влияния условий эксплуатации на техническую готовность автотранспортных средств : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10. Санкт-Петербург, 2013. 205 с.
2. Андрианов Ю.В. Методические рекомендации по оценке остаточной стоимости транспортных средств. *Финансовая газета*. 1999. №10. С.3.
3. Асаул А.Н., Карпов Б.М., Перевязкин В.Б., Старовойтов М.К. Модернизация экономики на основе технологических инноваций. Санкт-Петербург : АНО ИПЭВ, 2008. 606 с.