

УДК 355:359.07

*Ігор Михайлович Половинкин,
Олександр Анатолійович Лаптев*

КІЛЬКІСНІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МОДЕЛЕЙ У КАДРОВОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ

Процес моделювання є основним у стратегічному й тактичному управлінні людськими ресурсами кадрового менеджменту. Проте розробка моделей управління, її відповідність реальній картині управління, а так само адекватність одержаних результатів вимагає обов'язкового вивчення питань якісних характеристик моделей управління й самого процесу моделювання.

Мета статті — аналіз таких моделей управління та моделювання. *Завдання статті*: розглянути питання основних критеріїв адекватності математичних моделей реальним факторам, що застосовуються в кадровому менеджменті, обґрунтувати кількісні оцінки якості моделей; запропонувати методичні вказівки з оцінки якості об'єктів моделювання.

Для кількісного оцінювання якості моделей, що використовуються в кадровому менеджменті, введемо такі визначення:

Властивість — характерна межа, відмінність, своєрідність, особливість об'єкта, внутрішньо властива йому.

Проста властивість — властивість, яку не можна подати у вигляді якої-небудь сукупності інших властивостей об'єкта.

Складна властивість — властивість, яка уявно у вигляді деякої сукупності властивостей об'єкта.

Таким чином, кожен об'єкт володіє властивостями, що визначають його індивідуальність, виокремлюють його з безлічі інших об'єктів і дають змогу відрізнити один об'єкт від іншого. Цих властивостей у об'єкта нескінченно багато, і всі вони можуть бути поділені на прості та складні. Прості властивості при конкретному дослідженні не можна розкласти на складові, складні можуть бути розкладені на властивості. Слід зазначити, що такий поділ має відносний характер, оскільки одна і та сама властивість при одному розгляді може бути простою, а при іншому — складною.

Група властивостей — будь-яка сукупність властивостей об'єкта.

Ознака об'єкта — стійка сукупність властивостей об'єкта, використовувана для розрізнення об'єктів або їх класифікації.

Характеристика властивості — опис властивості об'єкта. Характеристика має найменування і значення. Найменування характеристики збігається з назвою властивості. Характеристики властивостей можуть бути якісні й кількісні.

Кількісна характеристика — опис властивості за допомогою певної змінної, значення якої характеризують рівень або інтенсивність цієї властивості. Таку змінну звичайно називають величиною.

Показник властивості — кількісна характеристика властивості.

Розрізняють приватні, групові й узагальнені показники властивостей об'єкта. Приватним показником властивості назвемо показник простої властивості. Груповим показником властивості назвемо показник групи властивостей. Узагальненим показником властивості називатимемо показник складної властивості. Введені визначення дають змогу дати таке визначення якості.

Якість — складна властивість об'єкта, що зумовлює його придатність для використання за призначенням. Зважаючи на визначення якості, об'єктами вивчення є всі об'єкти, що володіють якістю, тобто ті об'єкти, які призначені для використання з якою-небудь метою, для задоволення певної потреби. Такими об'єктами можуть бути як різні предмети, так і різні процеси. Поза сумнівом, що в їх коло передусім входять цілеспрямовані системи і процеси.

Моделі та процеси моделювання відповідно до наведених вище визначень володіють якістю і, отже, є об'єктами вивчення, а оскільки якість моделей і моделювання в кадровому менеджменті має свої особливості, то цілком виправдано виокремлення в кадровому менеджменті такого наукового напрямку, як якісна оцінка моделей.

Показник якості — кількісна характеристика якості об'єкта. Приватний показник

якості — показник властивості, що входить до складу групи властивостей, які характеризують якість.

Приватні показники якості становлять векторний показник якості

$$K_m^{ob} = (k_1^{ob}, k_2^{ob}, \dots, k_m^{ob}),$$

де k_i^{ob} , $i = 1(1)m$ — приватні показники.

Необхідна якість об'єкта задається умовами або вимогами, які повинні задовольняти можливі значення показника його якості. Ці умови називаються критеріями оцінювання якості об'єкта, а перевірка їх здійснюваності — оцінюванням. Критерії оцінювання якості об'єктів можуть бути розбиті на три групи: придатності G , оптимальності O , переваги S . Дамо їх математичні формулювання. Хай:

n — кількість оцінюваних об'єктів;

m — число приватних показників якості об'єктів;

k_{ij} , $i = 1(1)m$, $j = 1(1)n$ — показник i -го властивості j -го об'єкта;

$K_m^j = (k_i, \dots, k_{mj})$ — векторний показник якості j -го об'єкта, $j=1(1)n$;

$i=1(1)m$ — множинність допустимих значень показника k_{ij} , $j = 1(1)n$.

Тоді критерії перерахованих вище класів можна сформулювати таким чином.

Критерій придатності:

$$G: \bigcap_{i=1}^m (k_{ij} \in \{k_i^d\}) \approx U \quad (1)$$

$$j \in [1(1)n]$$

де U — достовірна подія.

За визначенням, об'єкти, для яких виконується умова (1), придатні для використання за призначенням і при цьому володіють однаковою якістю.

Критерій оптимальності

$$U: \bigcap_{i=1}^m (k_{ij} \in \{k_i^d\}) \approx U$$

$$\bigcup_{v \in \{l\}m0} (k_{ij} = k_i^{opt}) \approx U \quad (2)$$

$$j \in [1(1)n], \quad m0 \in [1(1)m]$$

де l — номер властивості, що оптимізується; $m0$ — число властивостей, що оптимізуються; $\{l\}m0$ — безліч властивостей, що оптимізуються; k_i^{opt} — оптимальне значення показника l -ої властивості $l \in \{l\}m0$.

За визначенням, об'єкти, що задовольняють критерій (2), є оптимальними за сукупністю $m0$ властивостей.

Критерій переваги моделей оцінюється таким виразом:

$$S: \bigcap_{i=1}^m (k_{ij} \in \{k_i^d\}) \bigcap_{j=1}^n \bigcap_{i=1}^m (k_{il} \geq k_{ij}) \approx U \quad (3)$$

$$l \in [1(1)n]$$

За визначенням, l -й об'єкт, для якого виконується умова (3), перевершує за якістю всю решту об'єктів.

Наведені класи критеріїв перебувають у такому співвідношенні:

$$S \subset O \subset GG$$

Критерії всіх трьох даних класів є виражальними формами, які стають виразами після привласнення змінним деяких значень. Якщо одержаний вираз є істинним, то вважають, що об'єкт за якістю відповідає даному критерію; якщо вираз буде помилковим, то об'єкт не задовольняє за якістю вибраний критерій.

Процес оцінювання якості об'єктів має такі етапи:

1-й етап. Вибір сукупності властивостей. У сукупність властивостей, що враховуються при оцінюванні якості, повинні бути включені всі властивості, істотні для використання об'єкта за своїм призначенням, і лише вони.

2-й етап. Вимірювання якості здійснюється шляхом порівняння властивостей, включених у сукупність, з еталонами й обчисленням значень приватних показників якостей і узагальненого показника якості, якщо такий є.

3-й етап. Власне оцінювання полягає в підставленні у вибраний критерій змряних значень показників якості і перевірці істинності відповідних виразів.

Перейдемо безпосередньо до розгляду якості моделей. Якість моделі — складна властивість моделі, що характеризує її здатність замінювати досліджуваний об'єкт (оригінал) для отримання нової інформації про об'єкт, що замінюється.

До основних властивостей, що визначають якість моделі, відносяться адекватність, складність, інформативність, інтерпретація. Адекватність моделі — властивість моделі, що характеризує її відповідність оригіналу, її здатність відображати або відтворювати оригінал.

Як кількісну характеристику адекватності моделі можна вибрати міру близькості моделі оригіналу, визначаючи її як відстань між моделлю й оригіналом у певному метричному просторі.

Нехай:

Про — оригінал; M — модель; A — деяка множина, якій належать модель і оригінал, тобто $O, M \text{ Про } A$;

$r(a, b)$ — відстань, задана на безлічі A , тобто для $H a, b, cOA$ справедливо:

- 1) $r(a, b)G \geq 0$ і $r(a, b) = 0$ тоді і тільки тоді, коли $a=b$, або коротше за $r(a, b) = 0 \Leftrightarrow a = b$ (аксіома тотожності);
- 2) $r(a, b) = r(b, a)$ (аксіома симетрії);

3) $r(a, b) + r(b, c) \geq r(a, c)$ (аксіома трикутника).

Тоді безліч A є метричний простір із заданою в ньому метрикою $r(a, b)$, яка визначає ступінь близькості об'єктів цієї множини і, отже, може служити кількісною характеристикою, тобто показником $r(M, O)$ адекватності моделі M оригіналу O . Залежно від природи оригіналу, сукупності модельованих властивостей і виду моделі можуть бути вибрані різні метрики, а отже, і показники адекватності моделі.

Так, у n -мірному евклідовому просторі E^n можуть бути вибрані як показники адекватності такі метрики.

$$\begin{aligned} \forall X_n, Y_n \in E^n \\ r(X_n, Y_n) &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \\ r(X_n, Y_n) &= \max_{\forall i \in \{1, \dots, n\}} |x_i - y_i| \\ r(X_n, Y_n) &= \sup_{\forall i \in \{1, \dots, n\}} |x_i - y_i| \\ r(X_n, Y_n) &= \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \end{aligned}$$

У функціональних просторах показники адекватності можуть служити метрики

$$\begin{aligned} r(f(x), g(x)) &= \sup_{x \in X} |f(x) - g(x)| \\ r(f(x), g(x)) &= \int_X^x |f(x) - g(x)| dx \\ r(f(x), g(x)) &= \left\{ \int_x |f(x) - g(x)|^p dx \right\}^{1/p} \end{aligned}$$

де X — метризований бікомпактний простір (наприклад, замкнутий обмежений підпростір евклідового простору);

$p \in \{1, \infty\}$, де ∞ — ціле натуральне число.

Необхідна адекватність моделей визначається за допомогою відповідних критеріїв.

Так, критерій придатності може бути сформульований у вигляді

$$r(O, M) \leq \varepsilon \geq 0,$$

де ε характеризує мінімальний допустимий ступінь близькості моделі до оригіналів.

У загальному випадку значення $r(O, M)$ є випадковими, тому як показник слід вибрати вірогідність виконання даної нерівності або відповідні числові характеристики випадкової величини $r(O, M)$, а критерій придатності у вигляді:

$$p(\hat{r}(O, M) \leq \varepsilon \geq 0) \geq \delta \geq 0,$$

$$\bar{r}(O, M) \leq \varepsilon_1 \geq 0,$$

$$r(O, M) = \sup_{\forall O, M \in A} p(O, M) \leq \varepsilon_2 \geq 0$$

де $\bar{r}(O, M)$ — математичне очікування випадкової величини $\hat{r}(O, M)$;

$p(O, M)$ — відстань між елементами множини A , якому належить модель M і оригінал O .

Складність моделі визначається будовою моделі й характеризує можливість її використання при моделюванні. Чим складніша модель, тим більше труднощів виникає при її використанні. Для оцінювання складності задають відповідні показники і критерії складності, формування і використання яких розглядається в розділах системних напрямів, що відносяться до структурного аналізу систем. Можливість застосування цих показників зумовлена тим, що модель завжди можна розглядати як систему. Інформативність — властивість моделі, що характеризує її здатність у процесі моделювання відображати або відтворювати інформацію про оригінал. Показниками інформативності можуть служити різні заходи інформації, що використовуювані при вимірюванні її кількості і якості й розглядаються в теорії інформації. Інтерпретація моделі — властивість моделі, яка характеризує можливість перенесення нової інформації, що одержується за допомогою моделі, на оригінал. Кількісні характеристики цієї властивості моделі поки практично не розроблені.

Слід сказати, що розглянуті складові якості моделі достатньо тісно пов'язані між собою. Так, підвищення ступеня адекватності моделі найчастіше веде до її ускладнення і зменшення можливості інтерпретації. Тому якість моделі з підвищенням її адекватності може не тільки збільшуватися, але і зменшуватися, що вимагає компромісного підходу до завдання вимог до адекватності, складності, інформативності і інтерпретації моделей.

Моделювання, як і будь-який цілеспрямований процес, має цілком певне призначення і, отже, володіє якістю та є об'єктом вивчення. Проте історично склалося так, що цілеспрямовані процеси і їх якість стали об'єктом і предметом вивчення теорії ефективності. Теорія ефективності — наукова дисципліна, в якій розробляються методологічні основи, методи й методики аналізу та кількісного оцінювання якості цілеспрямованих процесів.

Об'єктом вивчення в теорії ефективності є цілеспрямовані процеси, або операції, а предметом вивчення — ефективність, або якість, таких процесів.

Операція — це впорядкована сукупність взаємопов'язаних дій, спрямованих на досягнення певної мети.

Відповідно до цього визначення моделювання є операцію.

Формально операція може бути описана у вигляді такого виразу:

$O = \langle R1, R2, F, Q, T \rangle$
 де $R1$ — ресурси, що витрачаються в процесі виконання операції; $R2$ — результат операції; $F \subset R1 \times R2$ — відношення, що задається на множині $R1 \times R2$; Q — умова

проведення операції; T — час, що витрачається на виконання операції.

Схема взаємодії всіх елементів, що роблять вплив на результат операції, має такий вигляд (рис. 1).

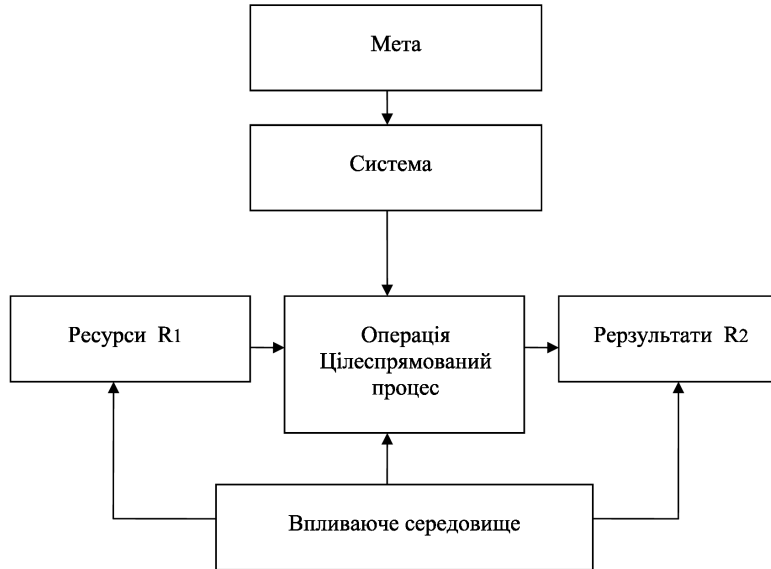


Рис. 1. Взаємодія всіх елементів, що впливають на результат операції.

Таким чином, у рамках теорії ефектності операція — це процес перетворення ресурсів у результати. При цьому, бажані результати (мета операції) називають цільовим ефектом.

Інші результати поділяють на побічні позитивні й негативні ефекти, а також витрати ресурсів. Класифікація результатів операції наведена на рис. 2.



Рис. 2. Класифікація результатів операції.

Ефективність операції характеризує здатність (точніше, пристосованість) операції перетворювати ресурси, що витрачаються, у вихідні ефекти і є основною властивістю, що характеризує якість операції.

Ефективність моделювання — основна властивість, що визначає якість цієї операції. Ефективність моделювання — складна властивість цієї операції, яка характеризує її пристосованість для досягнення мети моделювання.

Із позицій теорії ефективності, моделювання є типовою операцією, а ефективність

Як складна властивість ефективність породжується сукупністю властивостей, до

яких відносяться результативність, ресурсоемність, оперативність.

Результативність моделювання — властивість, що характеризує здатність моделювання давати цільовий ефект, тобто нову інформацію про оригінал. Результативність моделювання визначається об'ємом і якістю інформації про оригінал, що одержується в результаті моделювання.

Ресурсоемність моделювання — властивість, що характеризує витрату всіх видів ресурсів при моделюванні на отримання цільового ефекту. Такими ресурсами є матеріальні, енергетичні, інформаційні, трудові, фінансові, тимчасові (за винятком часу на проведення моделювання).

Оперативність моделювання — властивість, що характеризує витрату часу на проведення моделювання для досягнення цільового ефекту.

Позначимо:

Y_{n1}^1 — векторний показник результативності моделювання;

Y_{n2}^2 — векторний показник ресурсоемності моделювання;

Y_{n3}^3 — векторний показник оперативності моделювання.

Тоді показник Y_n — якості моделювання має вигляд:

$$Y_n = (Y_{n1}^1, Y_{n2}^2, Y_{n3}^3) \quad (4)$$

де $n = n_1 + n_2 + n_3$.

Критерій придатності якості результатів моделювання має вигляд

$$G: Y_n \in \{Y_n^A\} \quad (5)$$

де $\{Y_n^A\}$ — область допустимих значень показника Y_n якості результатів моделювання.

Вираз (5) є формалізованим описом мети моделювання.

У загальному випадку кожен компонент вектора Y_n залежить від вибору моделі, організації та умов проведення моделювання. Усі ці чинники апріорі, тобто до здійснення процесу моделювання, є переважно невідомими, а отже, випадковими. Більше того, апріорі є випадковими і вимоги $\{Y_n^A\}$ до результатів моделювання.

У результаті обліку реальних умов вираз (5) набуває вигляду

$$Y_n \in \{Y_n^A\} \quad (6)$$

де $Y_n^A, Y_n^{\Delta A}$ — випадкові вектори; $\{Y_n^A\}$ — випадкова область.

Вираз (6) описує випадкову подію, тому воно не може бути безпосередньо використано для оцінювання ефективності моделювання. В цьому випадку як показник

ефективності може бути вибрана вірогідність настання даної події, яка характеризує ступінь його об'єктивної можливості при заданому комплексі умов:

$$P_M = P\left(Y \in \left\{ \begin{matrix} \Delta A \\ Y \\ n \end{matrix} \right\}\right) \quad (7)$$

де P_M — вірогідність досягнення мети моделювання.

Вибір вірогідності досягнення мети моделювання як показник ефективності дає змогу сформулювати критерії ефективності моделювання в такій формі.

1. Критерій придатності

$$P_M \geq P_M^{TP} \quad (8)$$

2. Критерій оптимальності

$$P_M = P^{opt} \geq P_M^{TP} \quad (9)$$

При дослідженні ефективності широко застосовуються й інші показники, проте в кадровому менеджменті доцільно користуватися показниками, наведеними вище, оскільки в більшості випадків застосування інших критеріїв недостатньо обґрунтовано.

З урахуванням того, що при моделюванні в кадровому менеджменті вимоги, які висуваються до результатів моделювання, незалежні, а $n=3$, то область $\left\{ \begin{matrix} \Delta A \\ Y \\ n \end{matrix} \right\}$ є октант із вершиною у випадковій точці

$$Z_3^A = \left(\begin{matrix} A \\ Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{matrix} \right)$$

Вираз (1.7) в цьому випадку набуває вигляду

$$P\left(\begin{matrix} A \\ Y \\ Z_3 \end{matrix} \leq \begin{matrix} A \\ Z \\ Z_3 \end{matrix}\right) = \iiint_{\infty} \Phi_{Y_3^A}(Z_3) dF_{Z_3^A}(Z_3) \quad (10)$$

де $\iiint_{\infty} \Phi_{Y_3^A}(Z_3) = P\left(\bigcap_{i=1}^3 \left(\begin{matrix} A \\ Y \\ Z_3 \end{matrix} \leq \begin{matrix} A \\ Z_i \\ Z_3 \end{matrix}\right)\right)$ — одна з форм інтегрального закону розподілу випадкового вектора Y_3^A ;

$F_{Z_3^A}(Z_3) = P\left(\bigcap_{i=1}^3 \left(\begin{matrix} A \\ Z \\ Z_3 \end{matrix} \leq \begin{matrix} A \\ Z_i \\ Z_3 \end{matrix}\right)\right)$ — функція розподілу випадкового вектора Z_3^A .

Вираз (10) є формулою повної вірогідності в інтегральній формі. Це впливає з порівняння виразу (10) з наведеними нижче формами формули повної вірогідності:

$P\left(\begin{matrix} A \\ A \end{matrix}\right) = \sum_{i=1}^n P(H_i) P\left(\begin{matrix} A \\ A \\ H_i \end{matrix}\right)$ — канонічна форма;

$P_m = \iiint_{\infty} P\left(\begin{matrix} A \\ Y \\ Z_3 \end{matrix} \geq \begin{matrix} A \\ Z \\ Z_3 \end{matrix}\right) / P\left(\begin{matrix} A \\ Z \\ Z_3 \end{matrix} = \begin{matrix} A \\ Z \\ Z_3 \end{matrix}\right) P\left(\begin{matrix} A \\ Z \\ Z_3 \end{matrix} = \begin{matrix} A \\ Z \\ Z_3 \end{matrix}\right)$ — інтегральна форма.

Обчислення показника ефективності по формулі (10) становить певні труднощі, які можуть бути подолані під час використання сучасної обчислювальної техніки.

Розглянуті кількісні оцінки якості моделей, які вживаються в кадровому менеджменті, дають змогу дійти *висновку* про те, що оцінки моделювання в теорії управління мають винятково імовірнісний характер, для визначення їх значення потрібні значні ресурси (продуктивність) обчислювальної техніки. Тому тільки на сучасному етапі й

рівні розвитку техніки стало можливим створювати моделі управління, моделювати процеси управління з відповідною якістю.

Література

1. **Математические** модели в управлении : учеб. пособ. / В. П. Заболотский, А. А. Оводенко, А. Г. Степанов. — СПб. : СПбГУАП, 2001. — 196 с.
2. **Мурашко М. І.** Менеджмент персоналу : навч.-практич. посіб. / М. І. Мурашко. — К. : Т-во "Знання", 2002. — 311 с.
3. **Блинов А. О.** Искусство управления персоналом : учеб. пособ. для экономических колледжей и вузов / А. О. Блинов, О. В. Василевская. — М. : Гелан, 2001. — 411 с.

В статье рассматриваются вопросы основных критериев адекватности математических моделей реальным факторам, применяемых в кадровом менеджменте, предложены количественные оценки качества моделей. Разработаны методические указания по оценке качества объектов моделирования. Приведен математический аппарат оценки качества моделей.

Ключевые слова: адекватность математических моделей, кадровый менеджмент, количественные оценки, моделирование.

The article highlights the problems of the main criteria of adequacy of mathematical models to real factors, which are used in staff management; quantitative assessments of the models' quality are offered. Instructional lines of quality assessment of the objects of modeling have been developed. Mathematical apparatus of assessment of the models' quality has been given.

Key words: adequacy of mathematical models, staff management, quantitative assessments, modeling.