

УДК 330.43

МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРУДОМІСТКОСТІ РОБІТ

Г.В. ГАВРИЛЮК

Хмельницький національний університет

У статті розглянуто етапи побудови моделей оптимізації трудомісткості робіт. Показано порядок відбору факторів, які впливають на трудомісткість робіт з використанням експертних методів. Побудову моделей трудомісткості робіт здійснено з використанням методу екстремального експерименту та аналітично-розрахункового методу нормування праці. Оптимізаційна модель формується з врахуванням обмежень по діапазонам варіювання кількісних факторів кожної із побудованих моделей.

Трудомісткість робіт є показником, який характеризує витрати праці на виконання робіт з врахуванням кваліфікації робітників, і є оберненим до продуктивності праці. Тому важливим є його всебічне вивчення і дослідження у динаміці, особливо на стадії експлуатації виробів.

Головна проблема при визначенні трудомісткості робіт на стадії експлуатації є стохастична природа її появи. Але, незважаючи на це, описати зміст по видах робіт не представляє складності. В зв'язку з цим виникає потреба в пошуку оптимальних значень трудомісткості робіт та побудові відповідних моделей її оптимізації. Моделі оптимізації трудомісткості робіт є одним з основних інструментальних та ефективних методів дослідження трудових процесів на стадії експлуатації.

В роботах [5 – 7] описуються основні принципи та алгоритми побудови оптимізаційних моделей. Але, на жаль, не торкається питання оптимізації трудомісткості робіт на стадії експлуатації і опису відповідних моделей оптимізації. Також всебічно висвітлюються етапи формування трудомісткості робіт на стадії виробництва [1, 2] і недостатньо на стадії експлуатації, особливо з врахуванням конструкційних особливостей виробу.

Це означає, що потрібно проводити дослідження щодо оптимізації трудомісткості робіт і побудови відповідних моделей оптимізації. В зв'язку з цим метою є побудова моделей оптимізації трудомісткості робіт, що дозволить обґрунтовано зменшити величину трудомісткості робіт на стадії експлуатації.

Визначимо перелік задач, які необхідно вирішити для побудови моделі оптимізації трудомісткості робіт: ранжування факторів, що впливають на величину трудомісткості; вибір методів і побудова моделі трудомісткості робіт; формування обмежень оптимізаційної моделі.

Задача оптимізації трудомісткості робіт відноситься до групи задач з обмеженнями. В загальному вигляді її можна представити наступним чином:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & f(\bar{x}) \quad \bar{x} = (x_1, \dots, x_n)' \in F \subseteq S \\ & g_i(\bar{x}) \leq 0, \quad i = 1, \dots, q \\ & h_j(\bar{x}) = 0, \quad j = q + 1, \dots, m \end{aligned} \quad (1)$$

де $\bar{x} = (x_1, \dots, x_n)'$ – вектор рішень, F – область допустимих рішень, S – вся область пошуку. В якості обмежень виступають q нерівностей та $m-q$ рівностей.

По суті потрібно знайти $\bar{x}^* \in F$ такі, щоб $f(\bar{x}^*) \leq f(\bar{x}) \forall \bar{x}^* \in F$.

Сама математична модель оптимізації трудомісткості робіт для стадії експлуатації формується методом екстремального експерименту і представляється у вигляді рівняння регресії.

Для побудови рівняння регресії потрібно визначити фактори, які істотно впливають на процес проведення ремонтних робіт і формують її основні змінні. Вибір факторів залежить від складності проведення ремонту і їхнього впливу на трудомісткість. Одним із шляхів відбору факторів є використання експертних методів. Для цього створюється група експертів з представників сервісної та ремонтної служб підприємства.

У зв'язку з тим, що на тривалість виконання різних технологічних операцій по ремонту устаткування впливають різні фактори (виробничі, організаційні, технологічні та ін.), то формування їх переліку доцільно здійснювати у декілька етапів.

На першому етапі здійснюється опитування експертів для формування переліку факторів, на другому – коригування сформованого переліку факторів на першому етапі з передбаченням можливості його доповнення, третій етап – ранжування факторів по ступеню значущості.

Нехай, для виконання ремонтних робіт по виробу після першого та другого етапів експертами сформовано наступну множину факторів, які впливають на трудомісткість робіт на стадії експлуатації: x_1 – кількість деталей, що знімаються, при ремонті, x_2 – загальна маса деталей, що знімаються, x_3 – кількість кріплень, що знімаються, x_4 – кількість регулювань, x_5 – маса деталі, що знімається, x_6 – номенклатура стандартного інструменту, x_7 – номенклатура спеціального інструменту.

Для ранжування факторів по ступеню значущості кожному з них привласнюється порядковий номер – код фактору і ранги, значення яких знаходяться в діапазоні від 0 до 10.

Провівши аналіз літературних джерел [5, 6] нескладно сформулювати загальний алгоритм ранжування (рис.1).

Дотримуючись алгоритму ранжування експертних оцінок коефіцієнт значущості K_j для кожного із факторів становить: 0,25; 0,16; 0,22; 0,17; 0,11; 0,07; 0,02. Розрахунок K_{j0} дозволив виділити ті фактори, значення яких є вагомими і більшими за величину 0,143 (крок 3, рис.1). Тому до факторів, які мають найбільший вплив на трудомісткість робіт слід віднести: x_1 - кількість деталей, що знімаються, при ремонті, x_2 - загальна маса деталей, що знімаються, x_3 - кількість кріплень, що знімаються, x_4 - кількість регулювань.

В проведеному оцінюванні з імовірністю 95% можна стверджувати, що судження експертів є узгодженими, оскільки $\chi^2 > \chi^2$ табл., (43,2 > 12,6 [4]).

Сформувавши множину найбільш вагомих факторів впливу на трудомісткість ремонтних робіт потрібно побудувати регресійну модель методом екстремального експерименту. Він заснований на положенні про те, що досліджувану неперервну функцію $y = f(z_1, z_2, \dots, z_n)$, яка має всі похідні в заданій точці з координатами $z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n}$ можна розкласти в ряд Тейлора. Ряд Тейлора аналогічний рівнянню регресії:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n + a_{12} x_1 x_2 + \dots + a_{(n-1)n} x_{n-1} x_n + \dots + a_{11} x_1^2 + a_{22} x_2^2 + \dots + a_{nn} x_n^2 \quad (2)$$

де a_0, a_b, a_{ij}, a_{ii} – коефіцієнти регресії, x_i – кодована змінна, яка введена з метою спрощення розрахунків і дорівнює:

$$x_i = \frac{z_i - z_{0s}}{\Delta z_i}, \Delta z_i = \frac{z_{i \max} - z_{i \min}}{2}, z_{0s} = \frac{z_{i \max} + z_{i \min}}{2}$$

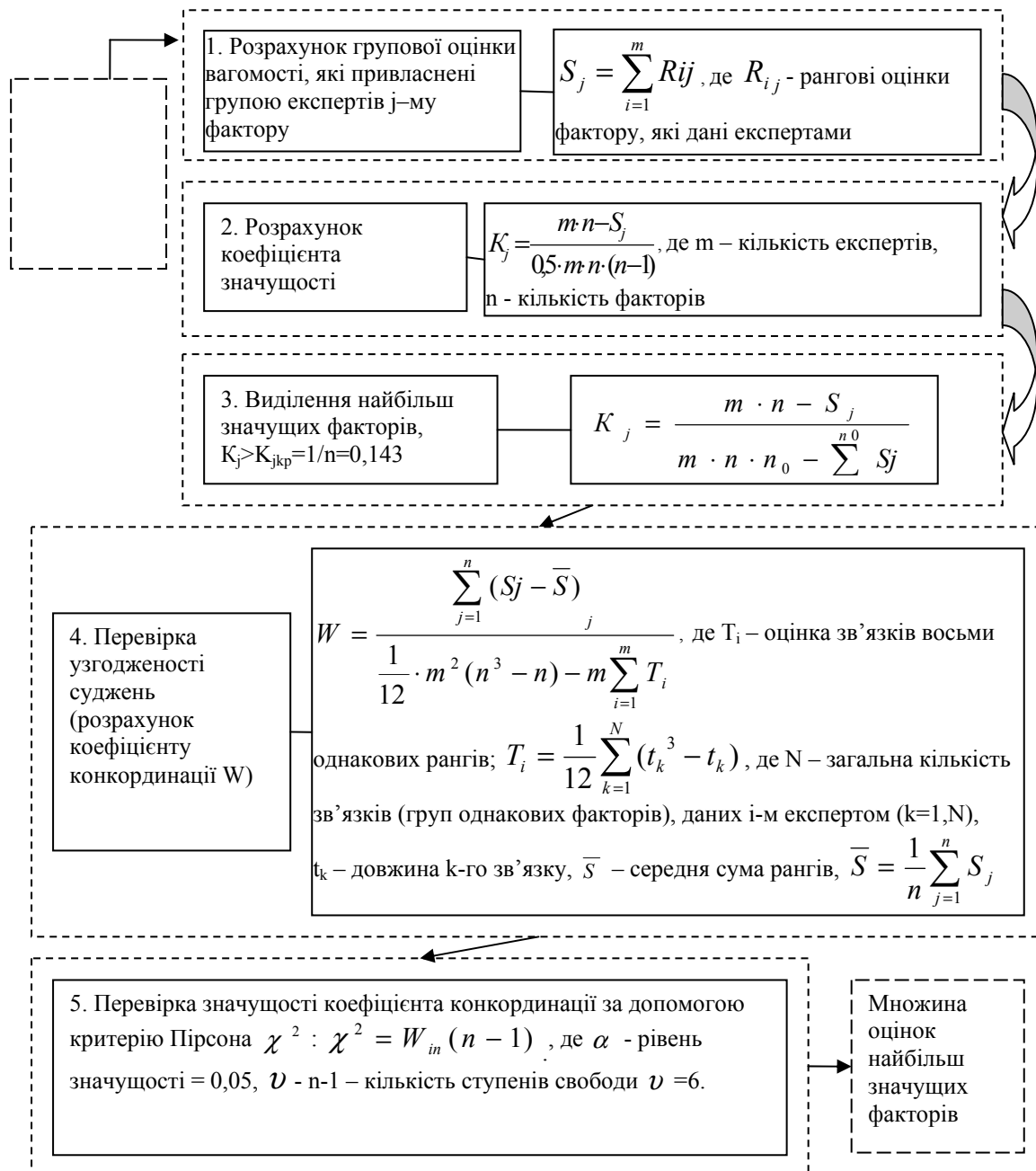


Рис.1 Алгоритм ранжування експертних оцінок

Застосовуючи формулу (2) сформуємо загальний вигляд регресійної моделі з врахуванням факторів, що мають найбільшу значущість:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_{12} x_1 x_2 + b_{23} x_2 x_3 + b_{34} x_3 x_4 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 + b_{44} x_4^2$$

Якщо заздалегідь обумовити діапазон зміни одного із факторів, то у рівнянні кількість змінних зменшиться. Для змінної x_4 вага коливається в межах від 0 до 25кг. Тоді рівняння прийме наступний вигляд: $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2$

Всі значення x розраховувались по співвідношенню:

$$x_i = \frac{x_{ij} - x_{0i}}{z_i}, \quad (3)$$

x_{ij} та x_{0i} – відповідно j -й та основний рівні i -го фактора, z_i – інтервал варіювання i -го фактора

де ($z_i = x_{\text{ви}} - x_{0i} = x_{0i} - x_{\text{ни}}$), де $x_{\text{ви}}$ та $x_{\text{ни}}$ – верхній та нижній рівні i -го фактору.

Відповідно діапазон зміни кодованих значень факторів склав +1 до -1.

Для ремонту виробу кількість деталей, що змінюється пофакторно: 4 (x_{0i}), нижній рівень фактору ($x_{\text{ни}}$) – 2, верхній рівень фактору ($x_{\text{ви}}$) – 6, відповідно $z_i = 2(6 - 4)$. Значення інших факторів представимо аналогічно $x_2(16; 8; 24; 8)$ та $x_3(3; 2; 4; 1)$.

Початковою вибіркою для побудови моделі складають дані по трудомісткості ремонтних робіт по даному виробу. Причому кількість даних обраховувалась за формулою $N = 2^k \cdot m$ спостережень, $K = 3$ (кількість факторів), $m = 3$ (кількість досліджень в кожній точці плану). У відповідності з формулою $N = 2^3 \cdot 3 = 8 \cdot 3 = 24$ спостереження.

В результаті статистичної обробки даних отримано наступне рівняння:

$$y = 280,98 + 20,31x_1 + 96,37x_2 + 27,1x_3 + 9,36x_1x_2$$

Підставивши в дане рівняння значення параметрів K_d , K_k , K_p , отриманих по формулі (3) перейдемо від кодованих значень до дійсних:

$$TP = 3,76 + 0,795K_d + 9,71K_k + 27,1K_p + 0,585K_dK_k$$

Для отриманої моделі F - критерій Фішера розрахунковий більше за табличний (при ступенях вільності $k_1 = 2$ та $k_2 = 20$ та рівні значимості 0,5 $F_{\text{роз}} 36,7 > F_{\text{табл}} 19,4$ [4, с. 301]), що свідчить про адекватність моделі.

Аналогічні моделі можуть бути отримані як для кожного виду робіт, так і для виробу в цілому. В отриманій моделі потрібно провести оптимізацію параметрів x_1 , x_2 та x_3 .

В процесі моделювання не завжди використовується налагоджена модель, яка видає близькі до реальних значення. Для практичного використання моделі в динамічному режимі потрібно провести налагодження моделі, тобто оптимізацію її параметрів.

При оптимізації трудомісткості робіт всі обмеження формуються з врахуванням діапазону зміни факторів, що входять в модель.

Введемо наступні обмеження.

1. Обмеження на час виконання ремонту:

$$TP = 3,76 + 0,795K_d + 9,71K_k + 27,1K_p + 0,585K_dK_k,$$

де β_1 – емпіричне значення показника трудомісткості для об'єкта спостереження

2. Обмеження по вазі деталей, що знімається верхньою межею діапазону $m \leq \beta_2$

3. Обмеження по кількості кріплень, що знімається загальною кількістю кріплень, що присутня у виробі $Kp \leq \beta_3$

4. Обмеження по кількості деталей, що знімається загальною кількістю деталей у виробі $Kd \leq \beta_4$

Отже, модель оптимізації трудомісткості робіт представляється наступним чином:

$$TP = 3,76 + 0,795 K_d + 9,71 K_k + 27,1 K_p + 0,585 K_d K_k \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} 3,76 + 0,795 K_d + 9,71 K_k + 27,1 K_p + 0,585 K_d K_k \leq \beta_1, \\ m \leq \beta_2, \\ K_p \leq \beta_3, \\ K_d \leq \beta_4. \end{cases}$$

У випадку відсутності інформації по виробках-аналогах для визначення трудомісткості робіт використовуються диференційовані нормативи. В такому випадку розробляються укрупнені моделі процесів праці. Наприклад, загальний вид моделі наступний:

$$T = 9,678 S^{0,054} P^{0,147} Lm^{0,104} OC^{0,693} OCB^{0,308},$$

де S - 25÷750 мм – відстань протягування руки;

Lm - 50÷800 мм – довжина найбільшої сторони предмету, що переміщується;

P – вага предмету, кг;

Sm - 25÷750 мм – відстань переміщення предмету;

OCB (1...3) – ступінь обережності (Код), значення зберігаються в бібліотеках;

Як і в першому випадку обмеження формуються з врахуванням діапазону зміни факторів, що входять в модель. Тоді модель оптимізації трудомісткості робіт наступна:

$$TP = 9,678 S^{0,054} P^{0,147} Lm^{0,104} OC^{0,693} OCB^{0,308} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} 9,678 S^{0,054} P^{0,147} Lm^{0,104} OC^{0,693} OCB^{0,308} \leq \beta_1, \\ S \leq \beta_2, \\ P \leq \beta_3, \\ Lm \leq \beta_4, \\ OC \leq \beta_5, \\ OCB \leq \beta_6. \end{cases}$$

Побудова моделі оптимізації трудомісткості робіт мала під собою мету створити інструмент дослідження трудових процесів на стадії експлуатації. В результаті розроблено алгоритм ранжування експертних оцінок для виділення найбільш значущих факторів, які впливають на трудомісткість робіт і які використовуються при побудові моделі трудомісткості робіт. Показано порядок побудови моделі оптимізації трудомісткості робіт при наявності формалізованої інформації та її відсутності.

Запропонована модель дозволяє прогнозувати та оптимізувати трудомісткість робіт на стадії експлуатації, використовуючи інформацію, отриману статистичними методами та з використанням мікроелементних нормативів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заложнев А. Об одном критерии оптимизации жизненного цикла товара/ А.Заложнев, Е.Шуремов // Проблемы теории и практики управления. – 2008. – №7. – С.
2. Карпунин М.Г. Жизненный цикл и эффективность машин / М.Г. Карпунин, Я.Г.Любинецкий, Б.И.Майданчик. – М.: Машиностроение, 1989. –312с
3. Кігель В.Р. Математичні методи ринкової економіки / В.Р. Кігель – К: Кондор, 2003. – 158 с.

4. Кремер Н.Ш., Б.А. Путко. Эконометрика : Учебник – Львів : ЮНИТИ-ДАНА, –2002. – 311 с.
5. Ларин Р.М. Методы оптимизации примеры и задачи учебное пособие / Р.М.Ларин, А.В. Плясунов, А.В. Пяткин – Новосибирск ун-т, Новосибирск, 2003 – 115 с.
6. Методи оптимизации (вводный курс) Электронный ресурс <http://sapr.mgsu.ru/biblio/optimiz/opt.htm#1>
7. Некрасова М.Г. Методы оптимизации : навчальний посібник. – К., 2003 – 245 с.

Надійшла 21.10.2010

УДК 330.341.1

АНАЛІЗУВАННЯ РИЗИКІВ ІНВЕСТИЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ МЕТОДАМИ ЧАСТОТНОГО АНАЛІЗУ

Н.В.ГЕСЕЛЕВА, С.Л. КОРЕЦЬКИЙ

Київський національний університет технологій та дизайну

З метою удосконалення методик аналізу інвестиційно-інноваційних ризиків в статті запропонований підхід, заснований на оцінюванні ризику як якісного показника. Дослідження інвестиційно-інноваційних проектів та наслідків їх впровадження як категорійних змінних дозволяє найбільш повно врахувати фактори невизначеності, проводити детальний причинно-наслідковий аналіз та прогнозування показників інноваційної діяльності.

В сучасних умовах виведення економіки з кризи особливе значення мають інновації та ефективні механізми їх впровадження. Однак, однією з суттєвих перешкод на шляху збільшення кількості інноваційно-активних компаній і підвищення ефективності інвестицій в інноваційні проекти є висока ризикованість таких інвестицій. У зв'язку з цим актуальним залишається питання про методи аналізування доцільності інноваційної діяльності, зокрема, оцінювання ризику інвестиційно-інноваційних проектів.

Вагомий внесок в економічну теорію з питань ефективності інвестиційної діяльності зробили вчені: В. П. Александрова, О. М. Алімов, Ю. М. Бажал. С. Р. Бершеда, І. І. Лукінов, А. А. Пересада, П. С. Рогожин, В. Я. Шевчук, Е. Й. Шилов та інші. Дослідження вчених з теорії та практики оцінювання ризику знайшли відображення у працях вітчизняних і зарубіжних вчених-економістів: О. Альгіна, Т. Бачкаї, П. Верченка, В. Вітлінського, Ю. Гермесера, П. Грабового, В. Гранатурова, Г. Клейнера, А. Мазаракі, В. Михалевича, О. Ястремського та ін. Незважаючи на наявність великої кількості досліджень, питання оцінювання інноваційних ризиків потребує проведення подальших наукових розробок.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження обрано ризики інноваційно-інвестиційних проектів. Методи дослідження: частотний аналіз, покроковий частотний аналіз, лог-лінійний частотний аналіз, кластерний аналіз, блочний кластерний аналіз.