

УДК 65.012.123

Фаріон В.Я.

Тернопільський національний економічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ СОБІВАРТОСТІ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ СПИРТОВОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ НЕЧІТКО ЗАДАНИХ ДАНИХ

© Фаріон В.Я.

Пропонується підхід до побудови моделі формування собівартості етилового спирту в нечітких системах з використанням поняття лінгвістичної змінної

Ключові слова: лінгвістична зміна, функція відповідності, регресійний аналіз, собівартість, витрати.

The approach to building a cost model of ethanol in fuzzy systems using the concept of linguistic variable

Key words: linguistic change, compliance function, regression analysis, cost, cost.

Предлагается подход к построению модели формирования себестоимости этилового спирта в нечетких системах с использованием понятия лингвистической переменной

Ключевые слова: лингвистическая смена, функция соответствия, регрессионный анализ, себестоимость, затраты.

За останні роки на усіх спиртових заводах України можна спостерігати значне зростання собівартості етилового спирту. Наприклад, якщо у 2005 році середня собівартість 1 дал. спирту становила 23,56 грн., то у 2006 р. – 30,06 грн, у 2007 р. - 39,86 грн, у 2008 р. – 48,11 грн і у 2009 р. - 53,7 грн, або збільшилася на 4,5 грн, 14,29 грн, 22,55 грн та 28,13 грн відповідно.

Наведені дані засвідчують, що проблема зниження собівартості спирту в сучасних умовах господарювання є надзвичайно актуальною. Одним із шляхів зниження собівартості спирту є розробка моделі на основі нечітко заданих даних, яка дозволить виявити непродуктивні витрати та чинники, що на неї впливають.

Питанням розробки математичної моделі формування собівартості продукції в умовах нечітко заданих даних присвячено багато праць вітчизняних та іноземних науковців. Серед них слід виділити праці Р.О. Алієва, Л. О. Заде, О.О. Недосєкіна, Шарапова. В

той же час моделі формування собівартості продукції для підприємств спиртової промисловості на даний час не розроблено.

Метою даного дослідження є кількісний аналіз собівартості виробництва спирту з метою формалізації процесу прийняття рішення стосовно оптимальних умов для його виробництва. Для цього необхідно побудувати математичну модель її формування залежно від чинників впливу, які можна регулювати в межах підприємства.

Проведений аналіз процесів формування собівартості продукції ряду підприємств спиртової галузі дав можливість виділити основні чинники, що її визначають. У таблиці 1 наведено ці основні чинники та відповідні їх позначення, які будуть використовуватися у формулах.

Таблиця 1

**Чинники впливу на собівартість спирту етилового
ректифікованого**

Назва чинника впливу	Позначення у формулі
Обсяг виробництва	X1
Середня заробітна плата	X2
Кількість працівників	X3
Рівень адміністративних витрат, на 1 дал.	X4
Рівень організації постачання	X5
Рівень організації процесу виробництва	X6
Рівень організації процесу збуту	X7

Залежність собівартості підприємства від даних чинників опишемо у вигляді деякої функції багатьох аргументів:

$$y(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7) = \vec{\varphi}^T(\vec{x}) * \vec{\beta} \quad (1)$$

де, $y(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$ – вектор чинників впливу;

$\vec{\varphi}^T(\vec{x})$ – набір базисних функцій, які визначають структуру моделі і показують певний, в загальному випадку, нелінійний сукупний вплив чинників на собівартість;

$\vec{\beta}$ – вектор невідомих коефіцієнтів моделі.

Тоді, модель, яка буде описувати прогноз собівартості підприємства залежно від чинників матиме такий вигляд:

$$\widehat{y}(\bar{x}_k) = \bar{\varphi}^T(\bar{x}_k) * \bar{b} \quad (2)$$

де $\widehat{y}(\bar{x}_k)$ – прогнозоване значення собівартості на k -тому спиртовому заводі для заданих чинників для цього ж заводу;

\bar{b} – вектор оцінок коефіцієнтів моделі, який шукається у такий спосіб, щоб максимально узгодити статистичні дані із прогнозованими на основі критерію мінімізації середньоквадратичного відхилення між ними, тобто за умовою:

$$\sum_{K=1}^N (y_k - \bar{\varphi}^T(\bar{x}_k) * \bar{b}) \rightarrow \min \quad (3)$$

При цьому, статистичні дані записуємо у такому вигляді:

$$\bar{x}_k \rightarrow y_k \quad K=1, \dots, N \quad (4)$$

Такий запис означає таблицю у якій кожна стрічка визначається k -тим спиртовим заводом і задає для цього заводу чинники і відповідну до них собівартість.

Розв'язками задачі (3) є невідомі оцінки коефіцієнтів у вигляді \bar{b} знайдені методом найменших квадратів у такому математичному вигляді [2]:

$$\bar{b} = (F^T * F)^{-1} * F^T * \bar{Y} \quad (5)$$

де,

$$F^T = \begin{pmatrix} \varphi_1(\bar{x}_1), \dots, \varphi_1(\bar{x}_k), \dots, \varphi_1(\bar{x}_N) \\ \vdots \\ \varphi_m(\bar{x}_1), \dots, \varphi_m(\bar{x}_k), \dots, \varphi_m(\bar{x}_N) \end{pmatrix}$$

$$\bar{Y} = (y_1, \dots, y_k, \dots, y_N)^T$$

де F – матриця значень базисних функцій для заданих значень чинників, що впливають на собівартість на N – спиртових заводах;

Y – вектор значень собівартості, отриманих N - спиртовим заводом.

Таким чином, базовою формулою для розрахунків коефіцієнтів регресії при відомому її загальному вигляді є формула (5). В той же час загальний вигляд моделі невідомий, тому необхідно, використовуючи статистичні дані та нечіткі змінні, підібрати такий вигляд залежності (1), щоб вона адекватно описувала їх. Для цього необхідно провести аналіз точності отриманих оцінок коефіцієнтів

регресії, тобто компонент \bar{b} і оцінити їх значущість. Під встановленням значущості слід розуміти перевірку статистичної гіпотези, яка словесно формулюється так: чи можемо вважати b_j (коефіцієнт регресії) рівним 0.

Точність коефіцієнтів регресії визначається коваріаційною матрицею у вигляді [2, с. 86-90]:

$$D(\bar{b}) = S^2 * (F^T * F)^{-1} \quad (6)$$

де, $S^2 = \frac{1}{N-m} * \sum_{k=1}^N (y_k - \bar{y})^2$ – дисперсія відхилень регресії.

Позначимо діагональні елементи коваріаційної матриці (6) $S^2(b_j)$. Ці елементи є дисперсіями розсіювання коефіцієнтів регресії і безпосередньо визначають точність оцінювання коефіцієнтів.

Для оцінки значущості цих коефіцієнтів слід використати критерій Стюдента. При цьому розрахункове значення квантеля розподілу Стюдента визначається за формулою [3]:

$$t(b_j) = \frac{|b_j|}{S(b_j)} \quad (7)$$

Отримане значення квантеля $t(b_j)$ з табличними значеннями для заданої ймовірності α та степеня вільності $N-m$. Якщо виявиться, що розрахункове значення $t(b_j)$ менше від табличного, то з ймовірністю $1-\alpha$ можемо стверджувати, що відповідний коефіцієнт регресії близький до нуля і може бути вилучений з залежності (1).

Таким чином, важлива процедура перевірки значущості коефіцієнтів регресії уможливорює сформувати адекватну структуру залежності собівартості від чинників і при цьому, зробити її якомога простішою. Проте для остаточного вибору структури слід перевірити адекватність моделі для прогнозування собівартості, яку кількісно можна оцінити коефіцієнтом детермінації або функціональності (R^2). Чим ближче він до 1 тим більше вибрана залежність є адекватною, тобто відповідає вказаним статистичним даним. Розраховується коефіцієнт детермінації за такою формулою [2, с. 119-125]:

$$R^2 = 1 - \frac{S^2}{S_y^2} \quad (8)$$

$$S_y^2 = \frac{\sum_{k=1}^N (y_k - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_i)^2}{N-1}$$

де – дисперсія випадкових значень собівартості у розрізі N – спиртових заводів.

Слід зауважити, що частина чинників не має кількісного вираження, що суттєвим чином ускладнює математичне моделювання собівартості. Тому для представлення цих чинників запропоновано використати теорію нечітких множин. Зокрема, запропоновано описувати чинники формування собівартості, які не мають кількісного вираження лінгвістичними змінними.

Особливості такого опису полягають у тому, що значеннями таких чинників є не числа, а деякі лінгвістичні вирази та слова. Як видно з таблиці 1 чинниками, які є лінгвістичними змінними, слід вважати: «Рівень організації постачання», «Рівень організації процесу виробництва» та «Рівень організації процесу збуту». Очевидно, що задавати числами значення таких чинників неможливо. В той же час для побудови математичної моделі собівартості та для її використання для управління процесами формування собівартості усі чинники повинні мати кількісне вираження. В теорії нечітких множин для забезпечення таких вимог для нечітких множин в цілому використовують поняття функції належності, а для лінгвістичних змінних із відповідними значеннями часто використовують поняття функції відповідності. Особливість цих функцій є те, що вони кількісно характеризують, наскільки відповідає лінгвістичній змінній певне лінгвістичне значення. Значення функції відповідності знаходиться в діапазоні від «0» до «1». У цьому випадку над лінгвістичними змінними можна виконувати логічні вирази.

Розглянемо приклад використання такої лінгвістичної змінної і формування значення функції відповідності. Нехай відомо, що рівень організації постачання на конкретному підприємстві є дуже високий. Тоді це відповідатиме запису: «Рівень організації постачання»= «Дуже високий», а значення функції відповідності буде наближатися до «1».

Як правило, для задання дискретних значень функції відповідності використовують таблиці із десятьма рівнями [1]. На основі використання такої таблиці була побудована таблиця значень лінгвістичних змінних, які задають чинники формування собівартості і відповідно задані дискретні значення функції відповідності. Дискретні кількісні значення (значення функції відповідності) чинників «Рівень організації постачання», «Рівень організації процесу виробництва» та «Рівень організації процесу збуту» як лінгвістичних змінних подані в таблиці 2.

Таблиця 2

Значення функції відповідності лінгвістичних змінних

Лінгвістичні значення	Функція відповідності
Дуже низький	0,1
Між дуже низьким та низьким	0,2
Низький	0,3
Між низьким та середнім	0,4
Середній	0,5
Між середнім та вище середнього	0,6
Вище середнього	0,7
Між вище середнього і високим	0,8
Високий	0,9
Дуже високий	1,0

Слід урахувати, що нечіткі чинники формування собівартості залежать від великої кількості також нечітких підфакторів. І це обов'язково необхідно враховувати при описі чинників формування собівартості. Нижче наведено особливості декомпозиції основних нечітких чинників на підфактори. Зокрема, рівень організації процесу постачання сировини і матеріалів – залежить від: якість сировини, втрати від незабезпеченості зберігання сировини потрібної якості, рівень цін на сировину, рівень цін на основні та допоміжні матеріали, забезпеченість підприємства місцями для зберігання сировини, під'їзними залізничними коліями для доставки сировини, власним автотранспортом та рівень страхування ризиків при зберіганні сировини.

Рівень організації процесу виробництва визначається: якість спирту, рівень втрат спирту в процесі виробництва, кількість

використаної сировини, кількість витрачених матеріалів, рівень автоматизації процесу виробництва, рівень уловлення попутних продуктів, рівень утилізації відходів та наявність захисних споруд із недопущення забруднення навколишнього середовища.

Рівень організації процесу збуту визначається: - віддаленість покупців, стан та вид транспортного засобу, яким здійснюється доставка продукції, а також рівень розвитку маркетингу)

Далі із застосуванням експертного опитування беручи до уваги вказані підфактори, які впливають на формування чинників і з метою формалізації процесу дослідження собівартості спирту запропоновано використати, відомі в теорії нечітких множин нечіткі правила продукційного типу. Для лінгвістичної змінної «Рівень організації процесу постачання сировини і матеріалів»: це правило у такому вигляді:

ЯКЩО «якість сировини = {«висока», «низька»} І «рівень втрат від незабезпеченості збереження сировини потрібної якості = {«високий», «низький»}, І «ціна на сировину» = {«висока», «низька»}, І «ціна на матеріали» = {«висока», «низька»} І «рівень забезпеченості підприємства місцями для зберігання сировини» = {«високий», «низький»} І «рівень забезпеченості підприємства під'їзними залізничними коліями» = {«високий», «низький»} І «рівень забезпеченості підприємства власним автотранспортом» = {«високий», «низький»}, І «рівень страхування ризиків при зберіганні сировини» = {«високий», «низький»} ТО «Рівень організації процесу постачання сировини і матеріалів» - {«Дуже низький», «Між дуже низьким та низьким», «Низький», «Між низьким та середнім», «Середній», «Між середнім та вище середнього», «Вище середнього», «Між вище середнього і високим», «Високий», «Дуже високий»};

Для лінгвістичних змінних «Рівень організації процесу виробництва» та «Рівень організації процесу збуту» правила продукційного типу слід будувати виходячи із підфакторів, що на них впливають, і за тією ж методикою, що для лінгвістичної змінної «Рівень організації процесу постачання сировини і матеріалів».

Для побудови кількісної моделі формування на основі вище описаної методики проведемо кількісну інтерпретацію нечітких чинників формування собівартості для ряду підприємств спиртової промисловості. Результати наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Кількісне відображення нечітких чинників формування собівартості

Підприємство*	X5	X6	X7
Спиртзавод 1	0,8	0,8	0,3
Спиртзавод 2	0,9	0,7	0,9
Спиртзавод 3	0,7	0,9	0,9
Спиртзавод 4	1	0,9	0,2
Спиртзавод 5	1	1	0,9
Спиртзавод 6	0,8	0,7	0,9
Спиртзавод 7	1	1	1
Спиртзавод 8	0,8	0,8	0,3
Спиртзавод 9	0,3	0,7	0,8
Спиртзавод 10	0,7	0,8	0,9

*Назви спиртових заводів не наводиться, у зв'язку із конфіденційністю інформації про собівартість продукції.

У таблиці 3 наведено кількісну інтерпретацію трьох змінних: рівнів організації процесу постачання сировини і матеріалів (X5), організації процесу виробництва (X6), а також організації процесу збуту (X7).

Статистичні значення що, впливають на собівартість продукції наведемо у таблиці 4.

Таблиця 4

Статистичні значення чинників, що впливають на собівартість продукції

Підприємство	Собівартість 1 дал спирту, (грн.)	X1	X2	X3	X4.
Спиртзавод 1	44,82	2092	4977	151	1,81
Спиртзавод 2	45,73	2135	3450	214	2,17
Спиртзавод 3	46,61	1095	2847	181	2,44
Спиртзавод 4	47,67	1117	1854	202	1,89
Спиртзавод 5	47,97	917	3285	169	2,96
Спиртзавод 6	48,33	713	2146	214	2,79
Спиртзавод 7	49,66	616	2356	167	2,81
Спиртзавод 8	50,12	721	2416	158	2,2
Спиртзавод 9	50,39	747	2347	157	2,52

Спиртзавод 10	51,47	650	1987	182	2,71
---------------	-------	-----	------	-----	------

Для зменшення впливу похибок заокруглень і забезпечення високої обумовленості $F^T * F$ у формулі (5) розрахунку коефіцієнтів регресії необхідно провести нормування чинників, що розраховується за формулою:

$$\tilde{X}_i = \frac{X_i - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \quad (9)$$

де \tilde{X}_i – нормоване значення i -го чинника;

$X_{i\min}, X_{i\max}$ – відповідно найменше та найбільше значення вибране у відповідному стовпцю таблиці 3.8.

В результаті нормування таблиця значень набула вигляду таблиці 5.

Таблиця 5

Нормовані значення чинників, що впливають на собівартість

Підприємство	У	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Спиртзавод 1	48,94	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1	0,9
Спиртзавод 2	49,94	1,0	0,5	0,4	0,3	1,0	1	1,0
Спиртзавод 3	50,90	0,3	0,3	0,2	0,5	0,5	0,4	0,9
Спиртзавод 4	52,05	0,3	0,0	0,3	0,1	1,0	0,8	0,1
Спиртзавод 5	52,38	0,2	0,5	0,1	1,0	0,5	0,6	0,0
Спиртзавод 6	52,79	0,1	0,1	0,4	0,9	0,3	0,6	0,9
Спиртзавод 7	54,23	0,0	0,2	0,1	0,9	0,0	0,6	0,6
Спиртзавод 8	54,73	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,8	0,9
Спиртзавод 9	55,03	0,1	0,2	0,0	0,6	0,5	0,4	0,8
Спиртзавод 10	56,20	0,02	0,0	0,2	0,8	0,5	0,6	0,1

Результати регресійного аналізу отримані для заданої структури моделі на сонові даних таблиці 5 за допомогою програми MS EXCELL наведені у таблиці 6.

Таблиця 6

Результати регресійного аналізу взаємозв'язку собівартості від чинників, що на неї впливають

Порядковий номер	Коефіцієнт і регресії	Базис і функції	Дисперсія	Квантиль показника а Стьюдента	Значущість
j	b_j	$\varphi_j(\bar{x})$	$S(b_j)$	$t(b_j)$	—
1	-64,03	X1	21,49	2,97	так
2	36,6	X2	18,81	1,94	так
3	24,35	X3	12,37	1,27	так
4	21,14	X4	7,3	1,7	так
5	45,69	X5	9,97	6,2	так
6	16,68	X6	6,76	2,47	так
7	6,76	X7	4,97	3,27	так

Значущість коефіцієнтів регресії була перевірена за коефіцієнтом Стюдента із довірчою ймовірністю $\alpha = 0,05$, при цьому коефіцієнт детермінації моделі $R^2 = 0,95$ і $R = 0,98$, це підтверджує адекватність побудованої моделі.

В результаті проведеного регресійного аналізу була отримана адекватна модель, яка уможливує прогнозування собівартості продукції спиртовими заводами у такому вигляді:

$$\hat{y}(\bar{x}_k) = -64,03\tilde{x}_{1k} + 36,6\tilde{x}_{2k} + 24,35\tilde{x}_{3k} + 21,14\tilde{x}_{4k} + 45,69\tilde{x}_{5k} + 16,68\tilde{x}_{6k} + 6,76\tilde{x}_{7k} \quad (11)$$

Отже, аналіз отриманої моделі взаємозв'язку собівартості та чинників, що на неї впливають, показав, що при збільшенні обсягів виробництва собівартість продукції зменшиться, що є природнім, оскільки при збільшенні обсягів виробництва спирту без врахування інших чинників, що впливають на собівартість, призведе до зростання останньої, відповідно, і зумовить зменшення прибутку.

Список використаних джерел:

1. Алиев Р. А. Управление производством при нечеткой исходной информации / Р. А. Алиев, А. Э. Церковный, Г. А. Мамедова. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
2. Грубер Й. Економетрія: Вступ до множинної регресії та економетрії / Й. Грубер. – Т.1. - К. : Нічлава, 1998. – 379 с.
3. Заде Л.А. Тени нечетких множеств / Л.А. Заде // Проблемы передачи информации. - 1966, том II, вып. 1. - С. 37