



ТЕМА 2

МОДЕЛІ У РЕСУРСНИХ ТА РОЗПОДІЛЬЧИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАХ

Основні поняття: посередник, постачальник, перевізник, кількісні та якісні показники, ваговий коефіцієнт, шкала бажаності, інтегральний рейтинг, адитивне згортання, мультиплікативне згортання, мінімальне згортання

План

1. Модель вибору постачальників ресурсів з використанням експертних методів (однокритеріальні оцінки).
2. Моделі вибору посередників з використанням багатокритеріальних оцінок.

Питання №1

Модель вибору постачальників ресурсів з використанням експертних методів (однокритеріальні оцінки)

Вибір посередників (постачальників, експедиторів, перевізників тощо) є найбільш поширеним завданням в процесі прийняття рішень. Через конкуренцію у всіх ланках руху матеріальних потоків спостерігається багатоваріантність, що виражається як у великій кількості посередників, які можуть виконувати відповідні операції, так і в наявності альтернативних варіантів рішень.

Виділяють два підходи, за допомогою яких здійснюється вибір посередника:

1) *аналітичний*, який передбачає здійснення вибору посередника з використанням формул, які містять ряд параметрів, що його характеризують. Проте необхідно зазначити, що отримання аналітичних залежностей, які включають основні параметри посередників, є доволі складною задачею;

2) *експертний*, в основу якого покладено оцінки експертів для параметрів, що характеризують посередників. Як критерій вибору посередника є рейтинг або інтегральна оцінка, алгоритми визначення яких є дуже різними.

Узагальнений алгоритм вибору посередника може бути представлений у вигляді, наведеному на рис. 2.1.

Розглянемо етапи вибору посередника:

1. Вибір показників (критеріїв) для оцінки посередника.



Рисунок 2.1 – Алгоритм вибору посередників у ресурсних та розподільчих бізнес-процесах

Показниками для оцінки постачальника ресурсів для підприємства можуть бути: якість продукції, відповідність продукції стандартам, ціна продукції,

надійність постачальника (ймовірність дотримання терміну), термін виконання замовлення, готовність до надання знижки при закупівлі оптової партії, умови оплати, репутація тощо.

Показниками для оцінки перевізника можуть бути: термін доставки, надійність виконання умов договору перевезення, вартість послуг (ставка), надійність перевізника, прийняття до уваги вимог клієнта, наявність систем зв'язку з вантажем, транспортними засобами (відстеження відправок) та ін.

2. Групування показників.

Всі показники (критерії) можна розподілити на три групи: кількісні, якісні, релейні («так»/«ні»), що дозволяє використовувати різні підходи при їх визначенні та розрахунку інтегральних оцінок для посередників.

3. Вибір претендентів серед посередників.

4. Формування загальної таблиці показників для всіх посередників.

5. Перевірка відповідності показників всіх посередників основним обмеженням і виключення окремих посередників внаслідок невідповідності цим обмеженням.

6. Ранжирування кількісних та якісних критеріїв.

Ранжирування критеріїв здійснюється для вибору залежності, за якою розраховуються вагові коефіцієнти. Одним зі способів ранжирування є метод парних порівнянь, при проведенні якого заповнюється матриця I_{kj} . Елементи матриці можуть бути визначені за формулою:

$$\begin{cases} I_{kj} = 1, \text{ якщо } X_k = X_j, \\ I_{kj} = 0, \text{ якщо } X_k < X_j, \\ I_{kj} = 2, \text{ якщо } X_k > X_j. \end{cases} \quad (2.1)$$

Знаки рівності, «менше» і «більше» відповідають рівнозначності критеріїв, меншої та більшої значущості одного критерію у порівнянні з іншим відповідно.

7. Визначення вагових коефіцієнтів з урахуванням рангів критеріїв.

За результатами ранжирування вибирається залежність для розрахунку вагових коефіцієнтів w_i , що враховують ступінь впливу показників на інтегральну оцінку. Необхідно зазначити, що $\sum_{i=1}^N w_i = 1$.

При лінійній або близькій до неї залежності вагові коефіцієнти розраховуються за формулою:

$$w_i = \frac{2(N-i+1)}{N(N+1)}, \quad (2.2)$$

де N – кількість показників, що враховуються;

$i = 1, 2, \dots, N$ – ранг.

При нелінійній залежності вагові коефіцієнти можуть бути визначені за формулою:

$$w_i = \Delta_x \exp(-x_i), \quad (2.3)$$

де x_i – середина i -го інтервалу, $i = 1, 2, \dots, N$;

Δ_x – інтервал, що розраховується з урахуванням кількості показників та розмаху значень x .

8. Нормування кількісних показників посередників.

Нормування кількісних показників передбачає наступні етапи:

1) побудова таблиці, у горизонтальних рядках якої вказуються показники, а у стовпцях – значення показника A_{ij} для кожного з посередників, що аналізуються;

2) для кожного показника визначається еталонне значення – максимальне або мінімальне залежно від впливу показника на загальну оцінку;

3) якщо як еталонне обране найбільше значення A_{imax} , то всі значення даного рядка діляться на нього і у таблицю вноситься нове значення

$$a_{ij} = A_{ij} / A_{imax};$$

4) якщо як еталонне обране найменше значення A_{imin} , то еталонне значення ділиться на інші значення даного рядка і у таблицю вносяться нові значення $a_{ij} = A_{imin} / A_{ij}$.

9. Нормування якісних показників.

Для нормування якісних показників можна використовувати функцію бажаності, значення якої розраховуються за формулою:

$$z_i = \exp(-\exp(-y_i)), \quad (2.4)$$

де z_i – значення функції бажаності;

y_i – значення i -го параметра на кодованій шкалі.

Середні та граничні значення функції бажаності наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Оцінка якості та відповідні стандартні оцінки на шкалі бажаності

Оцінка якості	Оцінка на шкалі бажаності	
	діапазон	середнє значення
Відмінно	0,950-1,00	0,975
Дуже добре	0,875-0,950	0,913
Добре	0,690-0,875	0,782
Задовільно	0,367-0,690	0,530
Погано	0,066-0,367	0,285
Дуже погано	0,0007-0,066	0,033

Використання функції бажаності (2.4) дозволяє звести якісні оцінки показників до кількісних, які знаходяться в інтервалі 0-1. З метою уніфікації якісні оцінки можуть бути нормовані щодо максимальних значень по рядках.

10. Розрахунок інтегральних оцінок або рейтингу посередника.

Інтегральна оцінка являє собою суму оцінок кількісних і якісних показників посередника з урахуванням ваги критерію. Розрахунок інтегрального показника A_j для кожного j -го посередника здійснюється за формулою:

$$A_j = \sum_{i=1}^n w_i a_{ij} \quad (2.5)$$

11. Обирається кращий посередник на підставі критерію оптимізації $A_j \rightarrow \max$.

Приклад. На основі визначення інтегральної зваженої оцінки обрати найбільш привабливих постачальників для компанії. Дані для розрахунку наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Критерії оцінки постачальників

Показники	Постачальник А	Постачальник В	Постачальник С	Постачальник D
Ціна (євро за од.)	10	8	7	6
Якість продукції	дуже добре	добре	задовільно	задовільно
Надійність постачальника (ймовірність дотримання термінів поставки)	0,99	0,9	0,88	0,85
Готовність до термінової поставки	дуже добре	добре	добре	задовільно
Термін виконання замовлення (дні)	4	7	5	7
Репутація	дуже добре	добре	задовільно	добре
Пропозиція оптової знижки (%)	2	4	4	0
Умови оплати	Передоплата 100%	Передоплата 80%	Передоплата 50%	Передоплата 50%
Відповідність продукції стандартам ISO 9001:2015	Так	Так	Ні	Так

Оскільки продукція постачальника С не відповідає стандартам ISO 9001:2015, то цього постачальника виключаємо з подальшого розгляду.

Результати ранжирування показників постачальників та визначення вагових коефіцієнтів наведені у табл. 2.3. Вагові коефіцієнти w_i розраховувалися за формулою (2.2).

Таблиця 2.3 – Ранги та вагові коефіцієнти показників постачальників

Ранг, i	Показник	Ваговий коефіцієнт
1	Якість продукції	$w_1 = \frac{2(8 - 1 + 1)}{8(8 + 1)} = 0,22$
2	Готовність до термінової поставки	$w_2 = \frac{2(8 - 2 + 1)}{8(8 + 1)} = 0,19$
3	Умови оплати	$w_3 = \frac{2(8 - 3 + 1)}{8(8 + 1)} = 0,17$
4	Репутація	$w_4 = \frac{2(8 - 4 + 1)}{8(8 + 1)} = 0,14$
5	Надійність постачальника (ймовірність дотримання термінів поставки)	$w_5 = \frac{2(8 - 5 + 1)}{8(8 + 1)} = 0,11$
6	Пропозиція оптової знижки (%)	$w_6 = \frac{2(8 - 6 + 1)}{8(8 + 1)} = 0,08$
7	Термін виконання замовлення (дні)	$w_7 = \frac{2(8 - 7 + 1)}{8(8 + 1)} = 0,06$
8	Ціна (євро за од.)	$w_8 = \frac{2(8 - 8 + 1)}{8(8 + 1)} = 0,03$

Результати нормування кількісних та якісних показників постачальників наведені у табл. 2.4. Нормування якісних оцінок здійснювалося згідно стандартних оцінок на шкалі бажаності (табл. 2.1).

Таблиця 2.4 – Нормовані значення оцінок постачальників

Показники	w_i	Постачальник А	Постачальник В	Постачальник D
Ціна (євро за од.)	0,03	10	8	6 (min)
		6/10=0,6	6/8=0,75	6/6=1,0
Якість продукції	0,22	0,913	0,782	0,53
Надійність постачальника (ймовірність дотримання термінів поставки)	0,11	0,99 (max)	0,9	0,85
		0,99/0,99=1,0	0,9/0,99=0,9	0,85/0,99=0,86
Готовність до термінової поставки	0,19	0,913	0,782	0,53
Термін виконання замовлення (дні)	0,06	4 (min)	7	7
		4/4=1,0	4/7=0,57	4/7=0,57
Репутація	0,14	0,913	0,782	0,782
Пропозиція оптової знижки (%)	0,08	2	4 (max)	0
		2/4=0,5	4/4=1	0/4=0
Умови оплати (%)	0,17	Передоплата 100%	Передоплата 80%	Передоплата 50% (min)
		50/100=0,5	50/80=0,62	50/50=1,0
Інтегральна оцінка (рейтинг)		0,815 (max)	0,771	0,656

Інтегральні оцінки (рейтинги) постачальників розраховані за формулою (2.5) на основі нормованих показників у табл. 2.4.

$$\text{Рейтинг}_A = 0,03*0,60+0,22*0,913+0,11*1,00+0,19*0,913+0,06*1,00+0,14*0,913+0,08*0,5+0,17*0,50 = 0,815 \text{ (max);}$$

$$\text{Рейтинг}_B = 0,03*0,75+0,22*0,782+0,11*0,90+0,19*0,782+0,06*0,57+0,14*0,782+0,08*1,0+0,17*0,62 = 0,771;$$

$$\text{Рейтинг}_D = 0,03*1,00+0,22*0,530+0,11*0,86+0,19*0,530+0,06*0,57+0,14*0,782+0,08*0,0+0,17*1,00 = 0,656.$$

Отже, згідно рейтингової оцінки, найбільш оптимальним для компанії буде постачальник А.

Питання №2

Моделі вибору посередників з використанням багатокритеріальних оцінок

Вибір посередників може бути здійснений на основі рішення багатокритеріальної задачі. Вибір моделі розв'язання багатокритеріальної задачі залежить від того, відрізняється чи є однаковою важливість критеріїв, у відповідності до яких здійснюється вибір.

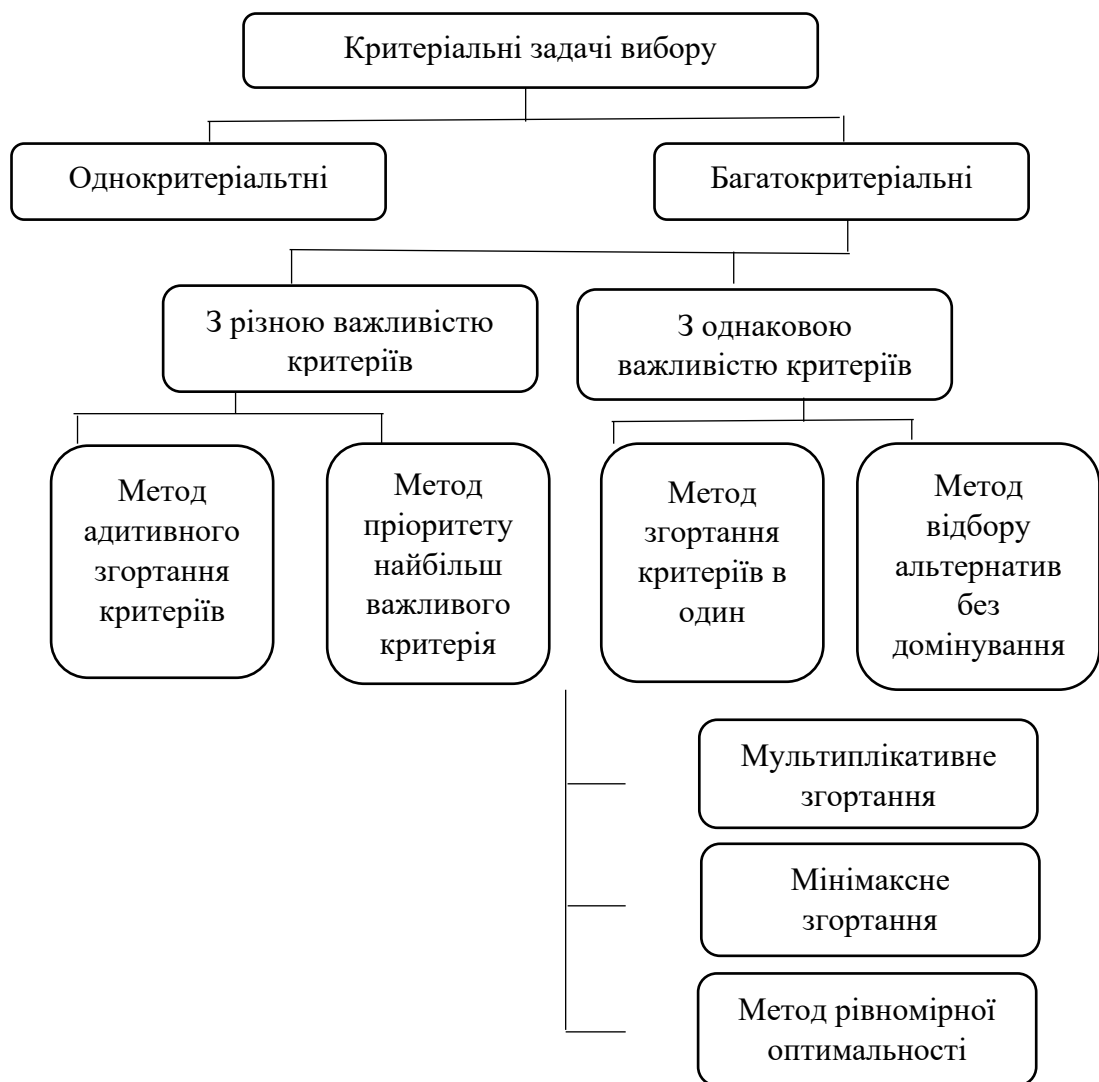


Рисунок 2.2 – Способи розв'язання задач вибору

Перед початком розв'язання багатокритеріальної задачі необхідно привести критерії до однакової одиниці виміру (як правило, до безрозмірного вигляду), тобто нормувати їх.

Існують різні варіанти нормування, зокрема такий:

$$q_i^0 = \frac{q_j(x) - q_i^{\min}}{q_i^{\max} - q_i^{\min}} \quad j = 1, \dots, n \quad (2.6)$$

де q_i^0 – нормоване значення j -ого критерія;

$q_j(x)$ – абсолютне значення j -ого критерія;

$q_i^{\min}$ – мінімальне значення j -ого критерія, $q_i^{\min} = \min q_j(x)$;

$q_i^{\max}$ – максимальне значення j -ого критерія, $q_i^{\max} = \max q_j(x)$,

$q_i^{\max} \neq q_i^{\min}$;

n – кількість критеріїв у багатокритеріальній задачі.

Одним із способів вирішення багатокритеріальної задачі є приведення її до однокритеріального вигляду шляхом згортання критеріїв. Такий підхід застосовується як при однаковій, так і при різній важливості критеріїв.

При різній важливості критеріїв використовується *адитивне згортання*, яке має вид:

$$q(x) = \sum_{j=1}^n w_j q_j(x) \rightarrow \max, \quad \sum_{j=1}^n w_j = 1, \quad (2.7)$$

де w_j – ваговий коефіцієнт для j -ого критерія.

Якщо критерії мають однакову важливість, тобто однакові вагові коефіцієнти, розв'язок можна знайти:

1) методом *рівномірної оптимальності (згортання)* (2.8)

$$q(x) = \sum_{j=1}^n q_j(x) \rightarrow \max; \quad (2.8)$$

2) методом *мультиплікативного згортання* (2.9)

$$q(x) = \prod_{j=1}^n q_j(x) \rightarrow \max; \quad (2.9)$$

3) методом *мінімаксного згортання*, яке відповідає пошуку розв'язку за критерієм Севіджа (2.10)

$$\max_j [\max q_j(x) - q_j(x)] \rightarrow \min. \quad (2.10)$$

Розв'язки багатокритеріальної задачі, які отримані різними способами, можуть не співпадати. Причина не тільки в тому, що кожний з методів розв'язання має свої особливості або недоліки. Ці задачі є складними як за постановкою, так і за вибором критеріїв та методів розв'язання у залежності від конкретної проблеми.

Приклад. Обрати найбільш привабливого постачальника для компанії. Дані для розрахунку наведені у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Критерії оцінки постачальників

Критерії	Постачальник А	Постачальник В	Постачальник С
Ціна (ум. грош. од.)	100	110	95
Якість продукції	дуже добре	дуже добре	добре
Надійність постачальника	0,86	0,95	0,85
Упаковка	дуже добре	відмінно	добре
Термін виконання замовлення (дні)	5	6	4
Репутація	добре	добре дуже	задовільно
Оптова знижка	8%	7%	6%

1. Здійснимо ранжирування критеріїв та перетворимо якісні оцінки на кількісні, використовуючи функцію бажаності (табл. 2.1). Результати наведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Кількісні оцінки постачальників

Критерії	Ранг і	Постачальник А	Постачальник В	Постачальник С
Ціна (ум. грош. од.)	3	100	110	95
Якість продукції	1	0,913	0,913	0,782
Надійність постачальника	2	0,86	0,95	0,85
Упаковка	5	0,913	0,975	0,782
Термін виконання замовлення (дні)	4	5	6	4
Репутація	7	0,782	0,913	0,530
Оптова знижка	6	8%	7%	6%

2. Визначимо вагові коефіцієнти w_i за формулою (2.2) та приведемо критерії до безрозмірного вигляду за допомогою формули (2.6):

1) ціна:

$$q_A^0 = \frac{100-95}{110-95} = 0,333$$

$$q_B^0 = \frac{110-95}{110-95} = 1,0$$

$$q_C^0 = \frac{95-95}{110-95} = 0,0;$$

2) якість продукції:

$$q_A^0 = \frac{0,913-0,782}{0,913-0,782} = 1,0$$

$$q_B^0 = \frac{0,913-0,782}{0,913-0,782} = 1,0$$

$$q_C^0 = \frac{0,782-0,782}{0,913-0,782} = 0,0;$$

3) надійність постачальника:

$$q_A^0 = \frac{0,86-0,85}{0,95-0,85} = 0,1$$

$$q_B^0 = \frac{0,95-0,85}{0,95-0,85} = 1,0$$

$$q_C^0 = \frac{0,85-0,85}{0,95-0,85} = 0,0;$$

4) упаковка:

$$q_A^0 = \frac{0,913-0,782}{0,975-0,782} = 0,679$$

$$q_B^0 = \frac{0,975-0,782}{0,975-0,782} = 1,0$$

$$q_C^0 = \frac{0,782-0,782}{0,975-0,782} = 0,0;$$

5) термін виконання замовлення:

$$q_A^0 = \frac{5-4}{6-4} = 0,5$$

$$q_B^0 = \frac{6-4}{6-4} = 1,0$$

$$q_C^0 = \frac{4-4}{6-4} = 0,0;$$

6) репутація:

$$q_A^0 = \frac{0,782-0,53}{0,913-0,53} = 0,658$$

$$q_B^0 = \frac{0,913-0,53}{0,913-0,53} = 1,0$$

$$q_C^0 = \frac{0,53-0,53}{0,913-0,53} = 0,0;$$

7) оптова знижка:

$$q_A^0 = \frac{8-6}{8-6} = 1,0$$

$$q_B^0 = \frac{7-6}{8-6} = 0,5$$

$$q_C^0 = \frac{6-6}{8-6} = 0,0.$$

Враховуючи різну спрямованість критеріїв, значення критеріїв «ціна» та «термін виконання замовлення» беремо з негативним знаком (-1). Нормовані значення критеріїв та вагові коефіцієнти наведені у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Нормовані значення критеріїв

Критерії	Вагові коефіцієнти w_i	Постачальник А	Постачальник В	Постачальник С
Ціна (ум. грош. од.)	0,18	-0,333	-1,0	0,0
Якість продукції	0,25	1,0	1,0	0,0
Надійність постачальника	0,21	0,1	1,0	0,0
Упаковка	0,11	0,679	1,0	0,0
Термін виконання замовлення (дні)	0,14	-0,5	-1,0	0,0
Репутація	0,04	0,658	1,0	0,0
Оптова знижка	0,07	1,0	0,5	0,0

3. Метод адитивного згортання.

Адитивні згортання для постачальників А, В та С, розраховані за формулою (2.7), мають значення

$$q_A(x) = 0,18 \cdot (-0,333) + 0,25 \cdot 1,0 + 0,21 \cdot 0,1 + 0,11 \cdot 0,679 + 0,14 \cdot (-0,5) + 0,04 \cdot 0,658 + 0,07 \cdot 1,0 = 0,275;$$

$$q_B(x) = 0,18 \cdot (-1,0) + 0,25 \cdot 1,0 + 0,21 \cdot 1,0 + 0,11 \cdot 1,0 + 0,14 \cdot (-1,0) + 0,04 \cdot 1,0 + 0,07 \cdot 0,5 = 0,268;$$

$$q_C(x) = 0,18 \cdot 0,0 + 0,25 \cdot 0,0 + 0,21 \cdot 0,0 + 0,11 \cdot 0,0 + 0,14 \cdot 0,0 + 0,04 \cdot 0,0 + 0,07 \cdot 0,0 = 0,0.$$

Найбільше значення згортання критеріїв має постачальник А, а отже, згідно методу адитивного згортання (2.7) треба віддати перевагу першому постачальнику.

4. Метод рівномірної оптимальності (згортання).

За умови припущення, що всі критерії мають однакову важливість, розрахуємо значення рівномірного згортання для постачальників

$$q_A(x) = (-0,333) + 1,0 + 0,1 + 0,679 + (-0,5) + 0,658 + 1,0 = 2,604;$$

$$q_B(x) = (-1,0) + 1,0 + 1,0 + 1,0 + (-1,0) + 1,0 + 0,5 = 2,5;$$

$$q_C(x) = 0,0 + 0,0 + 0,0 + 0,0 + 0,0 + 0,0 + 0,0 = 0,0.$$

Найбільше значення суми критеріїв у постачальника А, якого варто обрати на основі метода рівномірної оптимальності.

5. Метод мультиплікативного згортання.

Для того, щоб скористатися формулою (2.9) для мультиплікативного згортання, необхідно позбавитися негативних значень критеріїв, не порушуючи їх однакової спрямованості. Додаємо до значень критеріїв «ціна» та «термін виконання замовлення» константу, наприклад +1. Значення інших критеріїв залишаються без змін (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Значення критеріїв для мультиплікативного згортання

Критерії	Постачальник А	Постачальник В	Постачальник С
Ціна (ум. грош. од.)	0,667	0,0	1,0
Якість продукції	1,0	1,0	0,0
Надійність постачальника	0,1	1,0	0,0
Упаковка	0,679	1,0	0,0
Термін виконання замовлення (дні)	0,5	0,0	1,0
Репутація	0,658	1,0	0,0
Оптова знижка	1,0	0,5	0,0

Мультиплікативне згортання для постачальників має значення

$$q_A(x) = 0,667 \cdot 1,0 \cdot 0,1 \cdot 0,679 \cdot 0,5 \cdot 0,658 \cdot 1,0 = 0,015;$$

$$q_B(x) = 0,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 0,0;$$

$$q_C(x) = 1,0 \cdot 0,0 \cdot 0,0 \cdot 0,0 \cdot 1,0 \cdot 0,0 \cdot 0,0 = 0,0.$$

Найбільше значення мультиплікативного згортання відповідає постачальнику А, якому треба віддати перевагу згідно критерія (2.9).

6. Метод мінімаксного згортання.

Знайдемо найбільші значення для всіх критеріїв. Так, максимальні значення критеріїв «ціна» та «термін виконання замовлення» дорівнюють 0,0, а усіх інших критеріїв 1,0 (табл. 2.7).

Складаємо матрицю «жалю» (табл. 2.9), елементи якої дорівнюють різниці між максимальним значенням критерія та відповідним значенням критерія постачальника.

Таблиця 2.9 – Матриця «жалю» (відхилень)

Критерії	Постачальник А	Постачальник В	Постачальник С
1	2	3	4
Ціна (ум. грош. од.)	0,333	1,0	0,0
Якість продукції	0,0	0,0	1,0
Надійність постачальника	0,9	0,0	1,0
Упаковка	0,321	0,0	1,0

Продовження табл. 2.9

1	2	3	4
Термін виконання замовлення (дні)	0,5	1,0	0,0
Репутація	0,342	0,0	1,0
Оптова знижка	0,0	0,5	1,0
Максимальне відхилення	0,9	1,0	1,0

З табл. 2.9 бачимо, що найменше максимальне відхилення у постачальника А, тобто його необхідно обрати згідно методу мінімаксного згортання.

7. Порівняємо результати різних методів згортання, побудувавши підсумкову табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати згортання критеріїв

Метод згортання критеріїв	Постачальники			Найкраще значення	Вибір
	А	В	С		
Адитивне згортання	0,275	0,268	0,0	0,275	А
Метод рівномірної оптимальності	2,604	2,5	0,0	2,604	А
Мультиплікативне згортання	0,015	0,0	0,0	0,015	А
Мінімаксне згортання	0,9	1,0	1,0	0,9	А

Дані табл. 2.10 свідчать про те, що необхідно обрати постачальника А, оскільки він має найкращі оцінки згідно методів згортання критеріїв.