

Further research may involve the analysis of the impact of different algorithms, such as the North West Angle or Vogel's method. In such cases, Maple has the capacity to create an animation of the objective function change.

The Maple system is thus an effective tool for visualising modelling results, particularly for transport problems. The software in question facilitates the identification of optimal solutions, in addition to the visual representation of these solutions in the form of graphs, diagrams and animations. This enhancement of data perception is a significant benefit.

References

1. Maple - a product of Maplesoft [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.maplesoft.com/products/maple/> - Title from the screen. - Date of access: 15.05.2025.
2. Бусарова Т.М., Гришечкіна Т.С., Особливості викладання Maple в дистанційному навчанні. Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті: Тези XVI Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 14-15 грудня 2022 р.). – Д.: ДІТ, 2022. – 158 с. (125с.)

КОМПЛЕКСНА ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА СТАНУ ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ

*Доц., к.ф.-м. наук Н.В. Ічанська, доц., к.ф.-м.наук М.В. Лисенко
Національний університет «Полтавська політехніка імені
Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Переробна промисловість України являє собою складну динамічну систему, що складається із кількох взаємодіючих між собою підсистем, які відповідають різним видам діяльності. Для розроблення стратегічних програм розвитку переробної промисловості та прийняття ефективних управлінських рішень щодо реалізації цих програм важливе значення мають об'єктивне оцінювання стану даної галузі, виявлення тенденцій в її розвитку, та прогнозування динаміки її показників [1-5]. Для вирішення цих завдань необхідно застосовувати системний підхід та економіко-математичне моделювання.

Важливою складовою процесу дослідження закономірностей розвитку переробної промисловості України є визначення комплексної інтегральної оцінки її стану. Така оцінка може являтися критерієм при розв'язанні оптимізаційних задач, які виникають в процесі управління даною галуззю виробництва. Така оцінка повинна ґрунтуватись на реальних статистичних показниках і враховувати взаємозв'язки між цими показниками.

Для одержання комплексної інтегральної оцінки виберемо систему показників реалізації промислової продукції в різних видах діяльності, які включаються до переробної промисловості [6]. Перелік цих показників наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники реалізації промислової продукції в переробній промисловості

Позначення показника	Вид діяльності
x ₁	виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів
x ₂	текстильне виробництво, виробництво одягу, шкіри, виробів зі шкіри та інших матеріалів
x ₃	виготовлення виробів з деревини, паперу та поліграфічна діяльність
x ₄	виробництво коксу та продуктів нафтопереробки
x ₅	виробництво хімічних речовин і хімічної продукції
x ₆	виробництво основних фармацевтичних продуктів і фармацевтичних препаратів
x ₇	виробництво гумових і пластмасових виробів, іншої неметалевої мінеральної продукції
x ₈	металургійне виробництво, виробництво готових металевих виробів, крім виробництва машин та устаткування
x ₉	Машинобудування
x ₁₀	виробництво меблів, іншої продукції; ремонт і монтаж машин і устаткування

Для дослідження динаміки визначених показників виберемо ретроспективний період 2010-2024 рр. Номер року в цьому періоді позначимо через t , а значення показника x_i в цей рік через $x_i(t)$.

Для одержання комплексної інтегральної оцінки стану переробної промисловості в Україні нормалізуємо дані показники, тобто перетворимо їх таким чином, щоб одержані нормалізовані показники стали безрозмірними і приймали значення від 0 до 1, причому значенню 0 відповідало мінімальне, а значенню 1 максимальне значення початкового показника протягом ретроспективного періоду. Для нормалізації скористаємося рівністю

$$y_i(t) = \frac{x_i(t) - x_i^{min}}{x_i^{max} - x_i^{min}}$$

де x_i^{max} та x_i^{min} – відповідно максимальне та мінімальне значення показника x_i , а $y_i(t)$ – значення нормалізованого показника y_i в t -тий рік ретроспективного періоду.

Значення нормалізованих показників y_i протягом ретроспективного періоду наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Нормалізовані показники реалізації промислової продукції в переробній промисловості України в 2010-2024 роках

Рік	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}
2010	0	0	0	0,425	0	0	0	0	0	0
2011	0,041	0,024	0,038	0,460	0,224	0,027	0,044	0,087	0,154	0,054
2012	0,083	0,026	0,058	0,275	0,261	0,056	0,058	0,049	0,198	0,082
2013	0,093	0,023	0,073	0,098	0,178	0,087	0,056	0,015	0,077	0,085
2014	0,163	0,058	0,137	0,077	0,193	0,131	0,082	0,078	0,022	0,102
2015	0,299	0,165	0,271	0,237	0,394	0,234	0,179	0,164	0,083	0,160
2016	0,390	0,219	0,373	0,360	0,311	0,339	0,275	0,246	0,156	0,258
2017	0,512	0,315	0,467	0,775	0,369	0,414	0,393	0,441	0,324	0,416
2018	0,571	0,415	0,629	0,950	0,508	0,495	0,514	0,610	0,508	0,555
2019	0,608	0,417	0,592	0,553	0,524	0,546	0,526	0,466	0,523	0,699
2020	0,697	0,450	0,610	0,372	0,540	0,636	0,679	0,412	0,456	0,685
2021	0,929	0,622	0,936	1	1	0,786	1	1	0,667	1
2022	0,756	0,648	0,809	0,214	0,495	0,648	0,527	0,287	0,468	0,694
2023	1	1	1	0	0,655	0,871	0,828	0,324	1	0,996
2024	0,949	0,710	0,848	0,023	0,449	1	0,685	0,451	0,862	0,691

Комплексну інтегральної оцінки стану переробної промисловості в Україні визначимо як лінійну комбінацію нормалізованих показників y_i

$$W = \sum_{i=1}^{10} \alpha_i y_i$$

Вагові коефіцієнти α_i вибираємо таким чином, щоб одержана комплексна інтегральна оцінка найкраще відображала всі індивідуальні оцінки y_i та існуючі кореляційні зв'язки між цими оцінками. Для визначення таких зв'язків складаємо коваріаційну матрицю $K = ||cov(y_i, y_j)||_{i,j=1}^{10}$ нормалізованих показників y_i . Ця матриця має такий вигляд

0,114	0,097	0,113	0,011	0,066	0,106	0,101	0,068	0,094	0,111
0,097	0,087	0,097	-0,001	0,053	0,089	0,084	0,049	0,084	0,094
0,113	0,097	0,114	0,016	0,067	0,104	0,101	0,069	0,093	0,111
0,011	-0,001	0,016	0,094	0,028	0,005	0,026	0,053	0,004	0,023
0,066	0,053	0,067	0,028	0,053	0,058	0,066	0,054	0,052	0,070
0,106	0,089	0,104	0,005	0,058	0,100	0,092	0,061	0,088	0,100
0,101	0,084	0,101	0,026	0,066	0,092	0,096	0,070	0,083	0,103
0,068	0,049	0,069	0,053	0,054	0,061	0,070	0,068	0,052	0,071
0,094	0,084	0,093	0,004	0,052	0,088	0,083	0,052	0,089	0,093
0,111	0,094	0,111	0,023	0,070	0,100	0,103	0,071	0,093	0,114

Максимальне власне значення цієї матриці дорівнює 0,7739, йому відповідає власний вектор

$$\{0,38; 0,3214; 0,3799; 0,0734; 0,2348; 0,3484; 0,3472; 0,2457; 0,318; 0,3795\}$$

Вагові коефіцієнти α_i в комплексній інтегральній оцінці вибираємо пропорційними квадратам координат даного власного вектора. Одержимо такі значення: $\alpha_1= 0,1444$, $\alpha_2= 0,1033$, $\alpha_3= 0,1443$, $\alpha_4= 0,0054$, $\alpha_5= 0,0551$, $\alpha_6= 0,1214$, $\alpha_7= 0,1205$, $\alpha_8= 0,0604$, $\alpha_9= 0,1011$, $\alpha_{10}= 0,1440$.

Отже, комплексна інтегральна оцінка переробної промисловості України промисловості визначається рівністю

$$W = 0,1444y_1 + 0,1033y_2 + 0,1443y_3 + 0,0054y_4 + 0,0551y_5 + 0,1214y_6 + 0,1205y_7 + 0,0604y_8 + 0,1011y_9 + 0,1440y_{10}$$

Значення даної оцінки протягом ретроспективного періоду наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Комплексна інтегральна оцінка стану переробної промисловості в Україні за 2010-2024 роки

Рік	Оцінка
2010	0,00229
2011	0,06573
2012	0,08733
2013	0,07497
2014	0,10770
2015	0,21345
2016	0,29406
2017	0,41525
2018	0,53933
2019	0,55959
2020	0,59566
2021	0,88166
2022	0,62819
2023	0,89779
2024	0,77543

В період 2010-2021 років дана оцінка зростає (за виключенням незначного зменшення в 2013 році). В наступні роки періоди зростання чергуються із періодами зменшення. Така динаміка комплексної інтегральної оцінки вимагає використання адаптивних методів для її прогнозування. Особливістю цих методів є динамічна зміна параметрів моделей, що використовуються в процесі прогнозування. Для визначення прогнозованого значення даної оцінки на 2025 рік нами використано метод експоненційного вирівнювання. Цей метод заснований на вирівнюванні статистичних даних на основі зваженої ковзної середньої. Процес прогнозування методом експоненційного вирівнювання включає кілька етапів.

На першому етапі для наближення реальних значень комплексної інтегральної оцінки використовується поліном другого ступеню

$$w(t) = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 \frac{t^2}{2!}$$

де t – номер року в ретроспективному періоді.

Коефіцієнти $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ визначаються при розв'язанні задачі мінімізації

$$\sum_{t=1}^T (W(t) - w(t))^2 \rightarrow \min$$

Ці коефіцієнти ставляться у відповідність першому року ретроспективного періоду.

На другому етапі визначаються відповідні першому року ретроспективного періоду вирівняні значення $w_1(t)$, $w_2(t)$ та $w_3(t)$ за формулами

$$\begin{aligned} w_1(1) &= \beta_0 - \frac{1-\lambda}{\lambda} \beta_1 + \frac{(1-\lambda)(2-\lambda)}{2\lambda^2} \beta_2 \\ w_2(1) &= \beta_0 - \frac{2(1-\lambda)}{\lambda} \beta_1 + \frac{2(1-\lambda)(3-2\lambda)}{2\lambda^2} \beta_2 \\ w_3(1) &= \beta_0 - \frac{3(1-\lambda)}{\lambda} \beta_1 + \frac{3(1-\lambda)(4-3\lambda)}{2\lambda^2} \beta_2 \end{aligned}$$

Коефіцієнт λ належить проміжку від 0 до 1, його величина визначається емпірично для досягнення максимальної точності прогнозу протягом ретроспективного періоду.

На третьому етапі визначаються оновлені вирівняні значення $w_1(t)$, $w_2(t)$ та $w_3(t)$ за формулами

$$\begin{cases} w_1(t) = (1-\lambda)w_1(t-1) + \lambda W(t) \\ w_2(t) = (1-\lambda)w_2(t-1) + \lambda w_1(t) \\ w_3(t) = (1-\lambda)w_3(t-1) + \lambda w_2(t) \end{cases}$$

На четвертому етапі визначаються оновлені значення коефіцієнтів $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ за формулами

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 3w_1(t) - 3w_2(t) + w_3(t) \\ \beta_1 &= \frac{\lambda}{2(1-\lambda)^2} [(6-5\lambda)w_1(t) - 2(5-4\lambda)w_2(t) + (4-3\lambda)w_3(t)] \\ \beta_2 &= \frac{\lambda^2}{(1-\lambda)^2} (w_1(t) - 2w_2(t) + w_3(t)) \end{aligned}$$

Третій та четвертий етапи повторюються до завершення ретроспективного періоду.

На п'ятому етапі визначається прогнозоване значення комплексної інтегральної оцінки $W(t)$ на θ років вперед. Для цього використовується рівність

$$W(T + \theta) = \beta_0 + \beta_1\theta + \beta_2 \frac{\theta^2}{2!}$$

Коефіцієнти $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ приймають значення, одержані на останній ітерації.

При застосуванні методу експоненційного вирівнювання для прогнозування комплексної інтегральної оцінки стану переробної промисловості України вибрано значення $\lambda=0,44$. Одержаний прогноз даної оцінки на 2025 рік дорівнює 0,735, що дещо менше її значення і 2024 році. Точність даного прогнозу складає 96,8%.

Висновки. Розвиток переробної промисловості України потребує науково обґрунтованого підходу до оцінювання її стану та прогнозування динаміки ключових показників. Застосування системного підходу та економіко-математичного моделювання дозволяє забезпечити комплексне бачення функціонування галузі.

Формування інтегральної оцінки на основі реальних статистичних даних сприяє більш точному виявленню тенденцій, забезпечує можливість порівняльного аналізу між різними підсекторами промисловості та формує надійну основу для прийняття стратегічних управлінських рішень. Запропонований підхід може бути використаний як інструмент оптимізації управління в умовах нестабільності економічного середовища та трансформації виробничих процесів.

Посилання

1. Ічанська Н.В. Аналіз динаміки видобутку вугілля в Україні за допомогою методів математичного моделювання / Н.В. Ічанська, О.В. Шурпик // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : Нац. ун-т імені Юрія Кондратюка, 2023. – Вип. 2 (72). – С. 49–53. DOI: 10.26906/SUNZ.2023.2.049.
2. [Станасюк Н.В.](#) Інтегральне оцінювання розвитку промислового потенціалу регіонів. – 2016. [Економічний простір](#). № 115. - С. 91-98
3. Шушкова Ю.В. Інтегральне оцінювання інноваційно-технологічного розвитку економіки України. 2020. *Вісник ХДУ Серія Економічні науки* № 37. С. 18-23. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2020-37-3>
4. Більська О.В. Аналіз промислового комплексу України. 2020. *Ефективна економіка*. № 8. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=8125> (дата звернення: 29.05.2025). DOI: [10.32702/2307-2105-2020.8.7](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.8.7)
5. Шевченко І.Ю. Інтегральна оцінка конкурентоспроможності автомобілебудівних підприємств України. 2018. *Збірник наукових праць «Проблеми і перспективи розвитку підприємництва»*. № 21. С.211-232. DOI: <https://doi.org/10.30977/PPB.2226-8820.2018.21.0.211>
6. Державна служба статистики України (дата звернення: 29.05.2025) https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/pr/orp_rik/orp_rik_u.htm