

Вибір конкретного типу статистичного спостереження залежить від природи досліджуваного явища у суспільному житті та цілей дослідження [1].

Література

1. Про офіційну статистику. Закони України. Стаття 10. Статистичні спостереження. URL: https://protocol.ua/ua/pro_dergavnu_statistiku_stattya_9/ <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2524-20#Text> (дата звернення: 28.11.2023).
2. Лумпова Т. І. Модель метаінформаційної структури статистичного показника для опису статистичного спостереження. Статистика України. 2013. Т. 61, № 2. С. 4–10. URL: <http://194.44.12.92:8080/jspui/bitstream/123456789/1698/1/%D0%9B%D1%83%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%A2.%20%D0%86..pdf>
3. Леснікова М. В. Інструментарій та індикатори оцінювання якості даних державного статистичного спостереження зовнішньої торгівлі послугами. Статистика України. 2015. Т. 68, № 1. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_met a&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=su_2015_1_3 (дата звернення: 28.11.2023).

References

1. About official statistics. Laws of Ukraine. Article 10. Statistical observations. URL: https://protocol.ua/ua/pro_dergavnu_statistiku_stattya_9/ <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2524-20#Text> (date of application: 11/28/2023).
2. Lumpova T. I. A model of the meta-informational structure of a statistical indicator for the description of statistical observation. Statistics of Ukraine. 2013. Vol. 61, No. 2. P. 4–10. URL: <http://194.44.12.92:8080/jspui/bitstream/123456789/1698/1/%D0%9B%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%A2.%20%D0%86..pdf>
3. Lesnikova M. V. Toolkit and indicators for assessing the quality of data of the state statistical observation of foreign trade in services. Statistics of Ukraine. 2015. Vol. 68, No. 1. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_met a&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=su_2015_1_3 (access date: 28.11.2023).

Загоруйко І. О.

к. е. н., доцент

Петкова Л. О.

д.е.н., професор

**Черкаський державний технологічний університет
м. Черкаси, Україна**

НЕПАРАМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ НАЦІОНАЛЬНИХ СТРАТЕГІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОГРЕСУ

Людська цивілізація вступає в нову технологічну добу. Її особливістю є поява усе більшої кількості нових галузей економіки та докорінна перебудова старих. У багатьох випадках складність новітніх технологій потребує кооперації багатьох країн. Разом з тим, це не виключає певного змагання між

країнами, що претендують на статус світових технологічних лідерів. Зокрема, така технологічна гонка вже давно триває в термоядерній енергетиці, комп’ютерній техніці, генній інженерії.

Теоретичним відображенням цих процесів стала розробка численних моделей технологічного прогресу, призначених для порівняльного аналізу національних економік. Квінтесенцією цих досліджень стала концепція світового (або глобального) технологічного рубежу (*World Technology Frontier, WTF*) – теоретичної лінії, що утворюється країнами з найкращими комбінаціями показників технологічної ефективності. Алгебраїчно *WTF* є розв’язком певної задачі лінійного програмування. Геометрично він являє собою ефективну частину опуклої оболонки досліджуваної множини країн, вершинами якої є стани країн-лідерів. Огляд історії та сучасних тенденцій застосування методів аналізу оболонки даних (*Data Envelopment Analysis – DEA*) подано у працях [6, 7].

Зазвичай для побудови лінії *WTF* використовуються дві альтернативні системи координат – «фондоозброєність праці \bar{k} – продуктивність праці \bar{y} » [3, 4] або «фондомісткість ВВП k – працемісткість ВВП l » [8, с. 7 – 9]:

$$\bar{k} = K/L \quad \bar{y} = Y/L \quad k = K/Y \quad l = L/Y \quad (1), (2), (3), (4)$$

де Y – обсяг національного виробництва (ВВП) країни, а L та K – величини її факторів виробництва (праці та капіталу).

У пропонованій доповіді обрана друга система координат – « $L/Y - K/Y$ ». В цій системі світовий рубіж є спадною лінією, подібною до ізокванти виробничої функції. Спираючись на цю інтерпретацію, автори побудували модель ієрархічної системи світових технологічних рубежів [8, с. 9 – 10], в якій класичний рубіж розглядається як ізокванта нульового порядку, а кожна наступна ізокванта є лівою нижньою частиною оболонки станів решти країн. Для зручності введемо наступні поняття та позначення:

$$\bar{l} = l/k = L/K \quad \dot{k} = \Delta k / \Delta l \quad \dot{l} = \Delta l / \Delta k \quad (5), (6), (7)$$

де \bar{l} – середня «працевезабезпеченість» капіталу; \dot{k} , \dot{l} – граничні фондоозброєність та працевезабезпеченість; Δk , Δl – прирости відповідних величин за певний період часу. Залежно від того, за який період обчислюються ці прирости – за наступний чи попередній – дістанемо різні граничні величини:

$$\dot{k}_{fut} = (k_{t+1} - k_t)/(l_{t+1} - l_t) \quad \dot{l}_{fut} = 1/\dot{k}_{fut} \quad (8), (9)$$

$$\dot{k}_{pas} = (k_t - k_{t-1})/(l_t - l_{t-1}) \quad \dot{l}_{pas} = 1/\dot{k}_{pas} \quad (10), (11)$$

де \dot{k}_{fut} , \dot{l}_{fut} , \dot{k}_{pas} , \dot{l}_{pas} – майбутні та минулі граничні величини.

До нульового технологічного рубежу країни можуть наблизитися різними шляхами. При цьому бажано, щоб в процесі наближення до нього обидва показники ефективності покращувалися. Цю вимогу логічно назвати умовою технологічного прогресу:

$$k_f^X > k_{f-1}^X > \dots > k_0^X > 0 \quad , \quad l_f^X > l_{f-1}^X > \dots > l_0^X > 0 \quad (12), (13)$$

де f – номер світового технологічного рубежу країни X .

Для країни A , яка є лідером за комбінацією показників ефективності, умові технологічного прогресу відповідають шляхи, що розташовані в секторі, обмеженому променями: нижнім вертикальним $L/Y = l^A$ та лівим горизонтальним $K/Y = k^A$. Оскільки еталоном для країни A виступає віртуальна країна $\Omega(0,0)$, то найкоротшим шляхом наближення до неї є промінь сталої пропорції між факторами виробництва. Що стосується решти країн, то кожна з них може рухатися, ігноруючи досвід інших країн, або слідувати в напрямку до одного з більш ефективних «сусідів» на координатній площині.

Для певної країни X найпростішою («інерційною») стратегією розвитку є слідування в тому самому напрямку, в якому вона рухалася в попередньому періоді. Сталий напрямок її розвитку виражатиметься у рівності майбутніх граничних величин минулим:

$$\dot{k}_{fut}^X = \dot{k}_{pas}^X \quad \dot{l}_{fut}^X = \dot{l}_{pas}^X \quad (14), (15)$$

Однак країна X може змінити вектор свого розвитку в напрямку більш ефективної країни. При цьому доцільно орієнтуватися на ту країну M , наближення до якої вимагатиме найменшої зміни напрямку минулого розвитку:

$$\min_{M=1, \dots, m} \left| \ln \left(\frac{k_t^X - k_t^M}{l_t^X - l_t^M} ; \frac{k_{t-1}^X - k_t^X}{l_{t-1}^X - l_t^X} \right) \right| \quad (16)$$

$$k_t^X > k_t^M, \quad l_t^X > l_t^M, \quad k_{t-1}^X > k_t^X, \quad l_{t-1}^X > l_t^X$$

де M – номери країн, що задовольняють умові технологічного прогресу країни X .

Альтернативною стратегією мінімальної зміни напрямку розвитку є стратегія мінімальної зміни поточних технологічних пропорцій. Відповідно до цієї стратегії країна X орієнтуватиметься на та країну N , наближення до якої вимагатиме найменшої зміни середньої капіталоозброєності праці \bar{k} (або середньої працевзабезпеченості капіталу \bar{l}):

$$\min_{N=1, \dots, n} \left| \ln \left(\frac{k_t^X}{l_t^X} ; \frac{k_t^N}{l_t^N} \right) \right| \quad k_t^X > k_t^N, \quad l_t^X > l_t^N \quad (17)$$

де N – номери країн, що задовольняють умові технологічного прогресу країни X .

Геометрична інтерпретація обох стратегій технологічного розвитку представлена на рисунку 1.

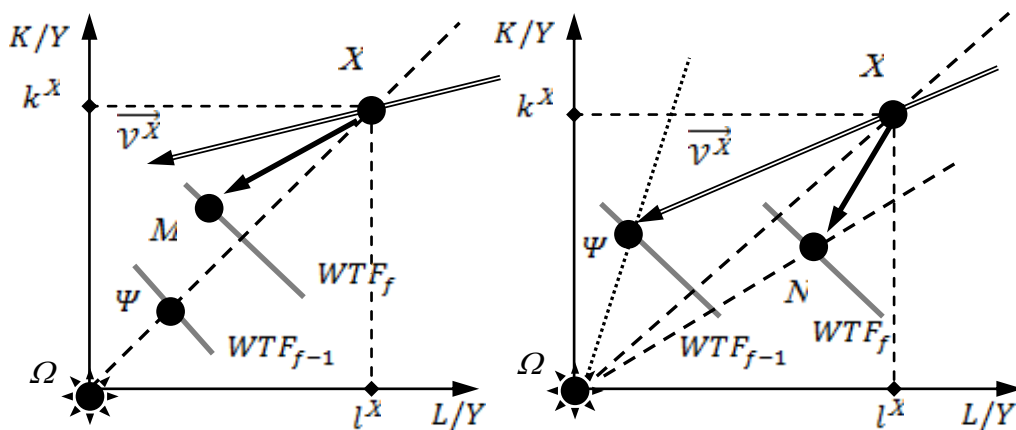


Рис. 1. Порівняння стратегій технологічного розвитку країни. $k = K/Y$, $l = L/Y$ – капітало- та працемісткість валового внутрішнього продукту; Ω – кінцева точка технологічного прогресу; ΩX , ΩM , ΩN – промені поточних технологічних пропорцій; \vec{v}^X – вектор минулого розвитку країни X ; $WTF_{f,f-1}$ – світові технологічні рубежі.

Джерело: модель І.О.Загоруйка

У лівій частині цього рисунка зображена стратегія мінімальної зміни напрямку розвитку. Країна X змінює вектор свого розвитку і починає

рухатися в напрямку країни M , хоча країна Ψ більш ефективна і до того ж має такі самі технологічні пропорції, що й вона.

У правій частині цього рисунка зображена стратегія мінімальної зміни технологічних пропорцій. Країна X змінює вектор свого розвитку і починає рухатися в напрямку країни Λ , хоча країна Ψ більш ефективна і до того ж розташована на лінії її власного минулого розвитку.

Розглянуті національні стратегії не вичерпують усіх можливих варіантів технологічного розвитку. Теоретично можливі й такі ситуації, коли на розвиток кожної окремої країни вирішальним чином впливають певні глобальні тенденції. Такі глобальні тенденції можуть бути описані монотонно зростаючими функціями, в яких питомий обсяг одного фактору виробництва залежить від питомого обсягу другого: $k = k(l)$ або $l = l(k)$. DEA-аналогами цих функцій будуть міжнародні шляхи технологічного прогресу (*International Technological Tracks, ITT*). Ці шляхи міститимуть частини послідовних опуклих оболонки досліджуваної множини країн, а їхні крайні ділянки визначатимуться з додаткових припущень. У такій моделі країна X орієнтуватиметься на ту країну, що є наступною на тому самому шляху технологічного прогресу.

References

1. Carracedo, P. & Puertas, R. (2022). Country efficiency study based on science & technology indicators: DEA approach. *International Journal of Innovation and Technology Management*, vol. 19, no. 01, 2140005. DOI:10.1142/S0219877021400058
2. Krüger, J.J. (2020). Long-run productivity trends: a global update with a global index. *Review of Development Economics*, vol. 24, iss. 4, pp. 1393–1412. DOI:10.1111/rode.12699
3. Lafuente, E., Ács, Z. J., Sanders, M. & Szerb L. (2020). The global technology frontier: productivity growth and the relevance of Kirznerian and Schumpeterian entrepreneurship. *Small Business Economics*, vol. 55, iss. 1, pp. 153–178. DOI:10.1007/s11187-019-00140-1
4. Lafuente, E.; Ács, Z. J.; Szerb, L. (2022). A composite indicator analysis for optimizing entrepreneurial ecosystems. *Research Policy*, vol. 51, iss. 9. DOI:10.1016/j.respol.2021.104379
5. Mastromarco, C.; Simar, L. (2021). Latent heterogeneity to evaluate the effect of human capital on world technology frontier. *Journal of Productivity Analysis*, vol. 55, iss. 2, pp. 71–89. DOI:10.1007/s11123-021-00597-x
6. Narayanan, E; Binti Ismail, WR; Bin Mustafa, Z. (2022). A data-envelopment analysis-based systematic review of the literature on innovation performance. *Heliyon*, vol. 8, iss.12. DOI:10.1016/j.heliyon.2022.e11925
7. Panwar, A.; Olfati, M.; Pant, M.; Snasel, V. (2022). A review on the 40 years of existence of data envelopment analysis models: historic development and current trends. *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 29, iss.7, pp. 5397–5426. DOI:10.1007/s11831-022-09770-3
8. Zagoruiko, I.O.; Petkova, L. O. (2021). Concept of the world technological frontier: methodology, problems and interpretations. *Zbirnyk naukovykh prats (Proceedings of Scientific Works) Cherkaskogo derzhavnogo technologichnogo universitetu. Seria: ekonomichni nauky*, iss. 61, pp. 5–21. [in Ukrainian]. DOI:10.24025/2306-4420.61.2021.234527