

Danuta Strahl

**PROPOZYCJA MIARY EFEKTYWNOŚCI
INNOWACYJNOŚCI W HIERARCHICZNYM PRZEKROJU
REGIONALNYM Z WYKORZYSTANIEM
*EUROPEAN INNOVATION SCOREBOARD***

1. Wstęp

W pracy [11] zaproponowano podejście do pomiaru innowacyjności regionalnej wykorzystujące z jednej strony strukturalną miarę rozwoju jako narzędzie wielowymiarowej analizy statystycznej, a z drugiej – Europejską Tablicę Wyników (*European Innovation Scoreboard*), w dziedzinie innowacji, będącą dorobkiem statystyki unijnej (por. [1; 2; 3]).

W dyskusji nad pomiarem innowacyjności regionalnej pojawia się jeszcze wiele problemów do rozwiązania. Jednym z nich jest z pewnością ujęcie innowacyjności regionalnej jako relacji między wskaźnikami innowacyjności typu INPUT a wskaźnikami innowacyjności typu OUTPUT (por. [6]). Pozwoli to na określenia efektywności innowacyjności regionalnej. W artykule zostanie przedstawiona propozycja budowy miary efektywności innowacyjności regionalnej. Propozycja ta obejmuje:

- budowę macierzy danych typu INPUT i OUTPUT na podstawie *European Innovation Scoreboard*,
- budowę miary efektywności innowacyjności regionu,
- budowę miary efektywności innowacyjności w hierarchicznym przekroju regionalnym.

2. Budowa macierzy danych typu INPUT i OUTPUT na podstawie *European Innovation Scoreboard*

Wykorzystując do pomiaru innowacyjności regionalnej Europejską Tablicę Wyników (ETW) w dziedzinie innowacji, należy określić macierz danych dla poszczególnych obszarów pomiaru. Jak wiadomo, ETW ma pięć obszarów oceny innowacyjności ujętych w dwóch płaszczyznach: INPUT oraz OUTPUT (por. [1; 2; 3; 6; 7; 9]). Są to następujące obszary pomiaru:

INPUT:

- 1) czynniki stymulujące innowacje,
- 2) kreowanie wiedzy,
- 3) innowacje i przedsiębiorczość;

OUTPUT:

- 4) zastosowania innowacji,
- 5) własność intelektualna.

Informacje statystyczne dotyczące wartości poszczególnych mierników w ustalonych pięciu grupach tematycznych można zapisać w formie macierzy danych, przyjmując poniższe oznaczenia.

Dany jest:

$$- \text{zbiór krajów } P = P_1 \cup \dots \cup P_n \cup \dots \cup P_N, \quad (1)$$

$$- \text{zbiór regionów w każdym kraju } p_1^n, p_2^n, \dots, p_k^n, \dots, p_K^n, \quad (2)$$

$$- \text{zbiór mierników każdej grupy INPUT } X_1^{li}, X_2^{li}, \dots, X_j^{li}, \dots, X_m^{li}, \quad (3)$$

$$- \text{zbiór mierników każdej grupy OUTPUT } X_1^{2i}, X_2^{2i}, \dots, X_j^{2i}, \dots, X_m^{2i}. \quad (4)$$

Macierze danych dla pomiaru innowacyjności INPUT będą miały postać:

$$\mathbf{X}_i^1: \begin{bmatrix} x_{11}^{lin} & \dots & x_{1m}^{lin} \\ \vdots & x_{kj}^{lin} & \vdots \\ x_{K1}^{lin} & \dots & x_{Km}^{lin} \end{bmatrix}_{K \times m} \quad i = 1, 2, 3, \quad (5)$$

gdzie: x_{kj}^{lin} – wartość j -tego ($j = 1, \dots, m$) miernika INPUT w k -tym regionie ($k = 1, \dots, K$) w i -tej grupie ($i = 1, 2, 3$) w n -tym kraju ($n = 1, \dots, N$).

Uszczegółowiając badania dla krajów Unii Europejskiej, $N = 25$.

Na podstawie Europejskiej Tablicy Wyników widać, że:

Dla $i = 1$:

- czynniki stymulujące innowacje:

x_1^1 – absolwenci szkół wyższych na 1000 ludności w wieku 20-29 lat,

x_2^1 – udział ludności z wykształceniem wyższym w % (w ludności ogółem w wieku 25-64 lata),

x_3^1 – wskaźnik penetracji szerokopasmowej (liczba linii szerokopasmowych na 100 mieszkańców),

x_4^1 – procent ludności w wieku 25-64 lata korzystającej z kształcenia ustawicznego,

x_5^1 – poziom osiągniętego wykształcenia ludzi młodych (% ludności w wieku 20-24 lata z ukończonym przynajmniej wykształceniem średnim policealnym),
czyli: $j = 1, 2, 3, 4, 5$.

Dla $i = 2$:

– kreowanie wiedzy:

x_1^2 – udział wydatków publicznych na B+R w %, w ogólnej wartości PKB,

x_2^2 – udział wydatków na B+R w % w biznesie, w ogólnej wartości PKB,

x_3^2 – udział średnio i wysoko zaawansowanych projektów naukowo-badawczych (mierzony % wydatków na B+R) w przemyśle produkcyjnym,

x_4^2 – udział przedsiębiorstw otrzymujących fundusze publiczne na innowacje w ogólnej liczbie przedsiębiorstw,

x_5^2 – wydatki na uniwersyteckie ośrodki naukowo-badawcze finansowane przez sektor biznesowy,
czyli $j = 1, 2, 3, 4, 5$.

Dla $i = 3$:

– innowacje i przedsiębiorczość:

x_1^3 – udział innowacyjnych małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) w %, w ogólnej liczbie MŚP,

x_2^3 – udział innowacyjnych MŚP współpracujących z innymi MŚP w %,

x_3^3 – wydatki przedsiębiorstw na innowacje (w % obrotu),

x_4^3 – kapitał wysokiego ryzyka we wczesnym etapie (mierzony udziałem w stosunku do PKB),

x_5^3 – wydatki na technologie informatyczne (mierzone udziałem w % PKB),

x_6^3 – MŚP wprowadzające zmiany inne niż technologiczne (% udziału w ogólnej liczbie MŚP),

czyli $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$.

Macierz danych dla pomiaru innowacyjności OUTPUT przybiera postać:

$$\mathbf{X}_i^2: \begin{bmatrix} x_{11}^{2in} & \dots & x_{1m}^{2in} \\ \vdots & x_{kj}^{2in} & \vdots \\ x_{K1}^{2in} & \dots & x_{Km}^{2in} \end{bmatrix}_{K \times m} \quad i = 1, 2, \quad (6)$$

gdzie: x_{kj}^{2in} – wartość j -tego ($j = 1, \dots, m$) miernika OUTPUT w k -tym regionie ($k = 1, \dots, K$) w i -tej grupie ($i = 1, 2$) w n -tym kraju ($n = 1, \dots, N$).

Europejska Tablica Wyników pokazuje, że:

Dla $i = 1$,

– zastosowania:

x_1^4 – zatrudnienie w usługach *high-tech* (% siły roboczej ogółem),

x_2^4 – eksport *high-tech* – eksport produktów zaawansowanych technicznie jako udział w eksporcie ogółem,

x_3^4 – sprzedaż produktów nowych na rynku (% obrotu),

x_4^4 – sprzedaż produktów nowych dla firmy, ale nie nowych na rynku (% obrotu),

x_5^4 – zatrudnienie w przemyśle produkcyjnym średnio i wysoko zaawansowanym technicznie (% siły roboczej ogółem),

czyli: $j = 1, \dots, 5$.

Dla $i = 2$:

– własność intelektualna:

x_1^5 – (nowe) patenty EPO na milion ludności,

x_2^5 – (nowe) patenty USPTO na milion ludności,

x_3^5 – (nowe) triadyczne rodziny patentów na milion ludności,

x_4^5 – (nowe) patenty EPO wysoko zaawansowane technicznie na milion ludności,

x_5^5 – (nowe) patenty USPTO wysoko zaawansowane technicznie na milion ludności,

czyli $j = 1, 2, 3, 4, 5$.

3. Budowa miary innowacyjności regionu typu INPUT i OUTPUT

Budowa indeksu regionalnej innowacyjności typu INPUT opierać się będzie na indeksach cząstkowych określonych dla trzech grup mierników (por. [6; 10]):

- czynniki stymulujące innowacje,
- kreowanie wiedzy,
- innowacje i przedsiębiorczość.

A. Cząstkowy indeks innowacyjności regionalnej INPUT dla każdej i -tej ($i = 1, 2, 3$) grupy mierników z wykorzystaniem danych dla wszystkich regionów we wszystkich krajach przybiera postać:

$$\beta_{ki}^{1n} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{kj}^{1n}, \quad (7)$$

gdzie:

$$y_{kj}^{lin} = \frac{x_{kj}^{lin} - \min_{k \in P} x_{kj}^{lin}}{\max_{k \in P} x_{kj}^{lin} - \min_{k \in P} x_{kj}^{lin}}, \quad k \in P; \quad k = 1, \dots, K, \quad j = 1, \dots, m, \quad n = 1, \dots, N, \quad i = 1, 2, 3, \quad (8)$$

gdzie: x_{kj}^{lin} – wartość j -tego miernika dla k -tego regionu w n -tym kraju.

Budowa indeksu regionalnej innowacyjności typu OUTPUT opierać się będzie na indeksach częściowych dla określonych dwóch grup mierników:

- zastosowania,
- własność intelektualna.

B. Częstokowy indeks innowacyjności regionalnej OUTPUT dla każdej i -tej ($i = 1, 2$) grupy mierników z wykorzystaniem danych dla wszystkich regionów, we wszystkich krajach przybiera postać:

$$\beta_{ki}^{2n} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{kj}^{2in}, \quad (9)$$

gdzie:

$$y_{kj}^{2in} = \frac{x_{kj}^{2in} - \min_{k \in P} x_{kj}^{2in}}{\max_{k \in P} x_{kj}^{2in} - \min_{k \in P} x_{kj}^{2in}}, \quad k = 1, \dots, K, \quad j = 1, \dots, m, \quad n = 1, \dots, N, \quad i = 1, 2, 3, \quad (10)$$

gdzie: x_{kj}^{2in} – wartość j -tego miernika dla k -tego regionu w n -tym kraju.

Zbudowane indeksy częściowe posłużą teraz do ujęcia syntetycznego, czyli do budowy indeksów obejmujących mierniki INPUT oraz mierniki OUTPUT innowacyjności regionalnej.

Indeksy te będą miały postać:

- europejski indeks innowacyjności regionalnej INPUT:

$$EIIR_k^{1n} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \beta_{ki}^{1n}, \quad (11)$$

gdzie: β_{ki}^{1n} – zadane przez (7);

- europejski indeks regionalnej innowacyjności OUTPUT:

$$EIIR_k^{2n} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \beta_{ki}^{2n}, \quad (12)$$

gdzie: β_{ki}^{2n} – zadane przez (9).

Wartości indeksu INPUT oraz wartości indeksu OUTPUT należą do przedziału liczbowego $[0, 1]$. Wszystkie ujęte w Europejskiej Tablicy Wyników mierniki innowacyjności mają charakter stymulant, dlatego interpretacja wartości indeksów jest następująca: bliższa jedności wartość indeksu oznacza wyższą innowacyjność typu INPUT lub OUTPUT. Oba indeksy pozwalają zatem na uporządkowanie regionów według poziomu regionalnej innowacyjności, w skali europejskiej, ze względu na nakłady na innowacyjność i ze względu na efekty innowacyjności.

Ważnym kryterium w ocenie innowacyjności regionalnej będzie jej efektywność, a więc relacja między nakładami a efektami, czyli relacja między indeksem INPUT i indeksem OUTPUT. Relacja ta zbuduje miarę efektywności innowacyjności regionalnej.

4. Miara efektywności innowacyjności regionu

Podstawą oceny efektywności innowacyjności regionu będzie relacja indeksów typu INPUT i OUTPUT ujętych wzorami (11) oraz (12). Relację tę ująć można zapisem:

$$\frac{EIIR_k^{1n}}{EIIR_k^{2n}}, \quad (13)$$

gdzie: $EIIR_k^{1n}$ – określone wzorem (11),

$EIIR_k^{2n}$ – określone wzorem (12),

przy czym zakłada się, iż oba indeksy: (11) i (12), są różne od zera:

$$EIIR_k^{1n} \neq 0 \text{ i } EIIR_k^{2n} \neq 0.$$

Wartości europejskich indeksów regionalnej innowacyjności typu INPUT (indeks określony wzorem (11)) oraz OUTPUT (indeks określony wzorem (12)) pozwolą na podział europejskiej przestrzeni regionalnej na trzy następujące klasy:

Klasa I zawierać będzie regiony, dla których wartość indeksu INPUT będzie wyższa od wartości indeksu OUTPUT, czyli:

$$\frac{EIIR_k^{1n}}{EIIR_k^{2n}} > 1 + \alpha, \quad (14)$$

gdzie: $\alpha \in [0; 0,5]$ – wartość zadana *a priori*,

$EIIR_k^{1n}$ – określone wzorem (11),

$EIIR_k^{2n}$ – określone wzorem (12).

Klasa II zawierać będzie regiony, dla których wartość indeksu INPUT jest równa z założoną dokładnością α wartości indeksu OUTPUT, czyli:

$$1 - \alpha \leq \frac{EIIR_k^{1n}}{EIIR_k^{2n}} \leq 1 + \alpha, \quad (15)$$

gdzie: $\alpha \in [0; 0,5]$,

$EIIR_k^{1n}$ – określone wzorem (11),

$EIIR_k^{2n}$ – określone wzorem (12).

Klasa III zawierać będzie regiony, dla których wartość indeksu INPUT jest niższa od wartości indeksu OUTPUT, czyli:

$$\frac{EIIR_k^{1n}}{EIIR_k^{2n}} < 1 - \alpha, \quad (16)$$

gdzie: $\alpha \in [0; 0,5]$,

$EIIR_k^{1n}$ – określone wzorem (11),

$EIIR_k^{2n}$ – określone wzorem (12).

Wprowadzenie parametru α do pomiaru efektywności innowacyjności regionu pozwoli na indywidualizację oceny poprzez przyjęcie przez badacza określonych założeń tej oceny. Przedstawiona procedura pomiaru innowacyjności regionalnej pozwala na wprowadzenie miary efektywności innowacyjności regionu, która przybiera postać:

$$M_k^n = 10^{c_k}, \quad k = 1, \dots, K; \quad n = 1, \dots, N, \quad (17)$$

gdzie: $c = 0, 1, 2$,

M_k^n – miara efektywności innowacyjności regionu p , należącego do kraju P .

Przy czym:

$c = 0$, jeżeli k -ty region n -tego kraju UE należy do klasy I, co oznacza, że relacja między indeksami innowacyjności regionalnej typu INPUT i OUTPUT spełnia warunek (14),

$c = 1$, jeżeli k -ty region n -tego kraju należy do klasy II, czyli relacja między indeksami innowacyjności regionalnej typu INPUT i OUTPUT spełnia warunek (15),

$c = 2$, jeżeli k -ty region n -tego kraju należy do klasy III, czyli relacja między indeksami innowacyjności regionalnej typu INPUT i OUTPUT spełnia warunek (16).

Jak łatwo zauważyć, miara M przybiera następujące wartości:

$M = 1$, jeżeli k -ty region n -tego kraju należy do klasy I, czyli gdy indeks innowacyjności typu INPUT (11) przewyższa wartość indeksu innowacyjności typu OUTPUT (12),

$M = 10$, jeżeli k -ty region n -tego kraju należy do klasy II, czyli wartość indeksu innowacyjności typu INPUT (11) jest zbliżona, w sensie relacji (15), do wartości indeksu innowacyjności typu OUTPUT (12),

$M = 100$, jeżeli k -ty region n -tego kraju należy do klasy III, czyli wartość indeksu typu INPUT (11) jest niższa od wartości indeksu typu OUTPUT (12).

Bardziej precyzyjna interpretacja efektywności innowacyjności regionalnej wymaga uszczegółowienia procedury klasyfikacji regionów ze względu na wartości relacji (13). Uszczegółowienie to pozwoli na określenie poziomu efektywności innowacyjności regionalnej, co będzie treścią kolejnych artykułów.

Sformułowana za pomocą wzoru (17) miara efektywności innowacyjności regionu pozwoli na określenie miary efektywności innowacyjności kraju w przekroju regionalnym.

5. Budowa miary efektywności innowacyjności kraju w hierarchicznym przekroju regionalnym

Idea miary efektywności innowacyjności kraju w hierarchicznym przekroju regionalnym zasadza się na uwzględnieniu zróżnicowania międzyregionalnego. Jak wiadomo, innowacyjność regionalna może być postrzegana w dwóch wymiarach, jako:

- odnosząca się do regionu oraz
- odnosząca się do kraju z uwzględnieniem wymiaru regionalnego, a więc zróżnicowania międzyregionalnego.

Pomiar innowacyjności regionalnej w ujęciu hierarchicznym uwzględnia oddziaływanie regionu na poziom krajowy w zakresie innowacyjności.

Obiektami hierarchicznymi nazywać będziemy obiekty P_n , które spełniają zależności ujęte relacjami (18) i (19).

$$P_n = \{p_1^n \cup p_2^n \cup \dots \cup p_k^n \cup \dots \cup p_K^n\}, k = 1, \dots, K; n = 1, \dots, N; j = 1, \dots, m, \quad (18)$$

gdzie: p_k^n – obiekt niższego rzędu należący do n -tego obiektu hierarchicznego,
 P_n – obiekt hierarchiczny.

$$x_{nj} = \sum_{k=1}^K x_{kj}^n, \quad (19)$$

gdzie: x_{nj} – wartość j -tej zmiennej w n -tym obiekcie hierarchicznym,

x_{kj}^n – wartość j -tej zmiennej w k -tym obiekcie niższego rzędu należącym do n -tego obiektu hierarchicznego.

Zatem pomiar efektywności innowacyjności powinien również uwzględniać zróżnicowanie międzyregionalne. W tym celu zaproponować można miarę efektywności innowacyjności regionalnej, która uwzględni:

- relacje między krajem a regionami tworzącymi strukturę hierarchiczną, jak np. klasyfikacja NUTS – *The Nomenclature of Territorial Units for Statistics* [8],
- relacje między indeksem innowacyjności regionu typu INPUT a indeksem innowacyjności regionu typu OUTPUT.

Miara efektywności innowacyjności kraju P w hierarchicznym przekroju regionalnym przybiera postać:

$$MEIK_k^n = \frac{\sum_{k=1}^K M_k^n}{K \cdot 100}, \quad (20)$$

gdzie: $MEIK$ – miara efektywności innowacyjności kraju P ,

M_k^n – określona przez (17),

K – liczba regionów n -tego kraju, $n = 1, 2, \dots, N$.

Jak łatwo zauważyć, wartości miary efektywności innowacyjności w hierarchicznym przekroju regionalnym należą do przedziału liczbowego $[0,01; 1]$. Wartości miary bliższe minimum oznaczają, iż kraj ma słabą pozycję ze względu na efektywność innowacji w przekroju regionalnym, a bliższe jedności wartości miary oznaczają wysoką efektywność innowacyjności kraju w przekroju regionalnym.

6. Podsumowanie

Zaprezentowane podejście do pomiaru efektywności innowacyjności w hierarchicznym przekroju regionalnym podejmuje próbę pomiaru zjawiska wielowymiarowego. Ujęcie to opiera się na narzędziach wielowymiarowej analizy statystycznej (por. [4; 5; 8; 10; 12; 13]) oraz zasobach informacyjnych statystyki unijnej, tj. na Europejskiej Tablicy Wyników w dziedzinie innowacyjności (*European Innovation Scoreboard*, por. [1; 2; 3; 6; 7]). Ze względu na proces tworzenia *European Innovation Scoreboard* nie można było przeprowadzić pełnych badań empirycznych.

Literatura

- [1] *2002 European Innovation Scoreboard: EU Regions*, European Trend Chart on Innovation, Technical Paper No 3, European Commission, 2002.
- [2] *2003 European Innovation Scoreboard: Indicators and Definitions*, European Trend Chart on Innovation, Technical Paper No 1, European Commission, 2003.

-
- [3] *Commission Regulation (EC) No 1450/2004 of 13 August 2004 Implementing Decision No 1608/2003/EC of the European Parliament and of the Council Concerning the Production and Development of Community Statistics on Innovation.*
 - [4] Jajuga K., *Statystyczna analiza wielowymiarowa*, PWN, Warszawa 1993.
 - [5] Luszniwicz A., Słaby T., *Statystyka stosowana*, PWE, Warszawa 1998.
 - [6] Markowska M., Strahl D., *Przegląd koncepcji pomiaru regionalnej innowacyjności w unijnej statystyce*, PN AE, Poznań (złożone do druku).
 - [7] *Methodology Report on European Innovation Scoreboard 2005*, European Trend Chart on Innovation, European Commission, 2005.
 - [8] *Metody oceny rozwoju regionalnego*, red. D. Strahl, AE, Wrocław 2006.
 - [9] *Oslo Manual, the Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*, European Commission, Eurostat, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris 1997.
 - [10] Strahl D., *Strukturalna miara obiektów hierarchicznych*, Ekonometria, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu (złożone do druku).
 - [11] Strahl D., *Wykorzystanie strukturalnej miary rozwoju oraz mierników European Innovation Scoreboard do pomiaru innowacyjności regionalnej*, Ekonometria, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu (złożone do druku).
 - [12] *Taksonomiczna analiza przestrzennego zróżnicowania poziomu życia w Polsce w ujęciu dynamicznym*, red. A. Zeliaś, AE, Kraków 2000.
 - [13] Walesiak M., *Uogólniona miara odległości w statystycznej analizie wielowymiarowej*, AE, Wrocław 2002.

THE PROPOSAL FOR THE MEASUREMENT OF INNOVATION EFFECTIVENESS IN A HIERARCHICAL REGIONAL CROSS-SECTION WITH THE USE OF THE EUROPEAN INNOVATION SCOREBOARD

Summary

The article presents the proposal of the measurement of regional innovation effectiveness. The proposal is based on the tools of multidimensional statistical analysis as well as on the European Innovation Scoreboard. The measure of innovation effectiveness is presented in a regional dimension following two concepts: as the measure referring to a region and as the measure related to a hierarchical system in a regional cross-section that is e.g. to a country in its regional cross-section. Such a measure allows one to consider interregional diversification in a specific country and define the influence of such diversification on the system innovation. Innovation effectiveness is referred to as the relation between regional innovation indices INPUT and OUTPUT type, taking into consideration classification of regions.