

RYSZARD DOMAŃSKI

## OGRANICZENIA I ROZSZERZENIE ZASTOSOWAŃ METODY NAKLADÓW-WYNIKÓW W BADANIACH REGIONALNYCH

Zastosowanie metody nakładów-wyników w klasycznej postaci do badań regionalnych napotyka na trudności wynikające z braku odpowiednich statystyk. Zmusza to do posługiwania się uproszczonymi wersjami tej metody, uproszczenia powodują jednak powstawanie niedokładności. Nasuwa się pytanie, jak wielkie są te niedokładności i czy nie podważają one sensu zastosowań uproszczonych wersji metody. W artykule niniejszym przedstawione jest zagadnienie niedokładności związanych z nieuwzględnieniem sprzężeń zwrotnych w tablicy nakładów-wyników dla jednego regionu oraz z zastosowaniem krajowych współczynników nakładów-wyników do sporządzania tablic regionalnych. Dalsze ograniczenie metody wynika z założenia liniowości i jednorodności funkcji. Końcowa część artykułu poświęcona jest nowej dziedzinie zastosowań metody nakładów-wyników, a mianowicie badaniu za jej pomocą relacji gospodarka : środowisko przyrodnicze.

Przez międzyregionalne sprzężenia zwrotne będziemy rozumieć wpływ, jaki dany region (miasto) wywiera na samego siebie poprzez związki z innymi regionami. Efekt sprzężenia zwrotnego możemy określić w terminach analizy nakładów-wyników następująco: jest to wzrost produkcji w danym regionie (mieście) związany ze wzrostem zapotrzebowania w innych regionach, które (zapotrzebowanie) wynika z kolei z początkowego wzrostu produkcji w danym regionie (mieście). Założmy, że między przemysłem Poznania i Ostrowa Wlkp. odbywają się wzajemne dostawy produktów. Jeśli więc przemysł Poznania zwiększy swą produkcję, to dostawy z Ostrowa Wlkp. muszą wzrosnąć. Aby jednak Ostrów Wlkp. był w stanie podolać zwiększonym dostawom do Poznania musi być sam zaopatrzony przez Poznań w dodatkową produkcję. Poznań musi ją wytworzyć (jeśli chce realizować swoje plany przy współudziale Ostrowa Wlkp.). Ta dodatkowa produkcja Poznania jest efektem jego sprzężenia zwrotnego z Ostrowem Wlkp.

Efekt sprzężenia zwrotnego zostaje ujęty w badaniu przepływów międzyregionalnych, jeśli współczynniki pełnych nakładów są obliczone

na podstawie rozwiniętej macierzy przepływów, tj. macierzy ujmującej przepływy według regionów, jak również według gałęzi w regionie. Zestawienie takich macierzy jest jednak utrudnione i niezwykle pracochłonne wobec braku odpowiednich danych statystycznych, powstaje więc problem ich uproszczenia. Jednym ze sposobów uproszczenia jest scalenie przepływów międzyregionalnych w jednej kolumnie (eksport) i w jednym wierszu (import). Powiązania zewnętrzne regionu przybierają wtedy postać relacji gałęzi regionu: reszta systemu. Zestawienie przepływów w tej postaci pozwala na obliczenie międzygałęziowych współczynników nakładów jedynie w obrębie danego regionu. Współczynniki pełnych nakładów ustalone na tej podstawie, nie uwzględniają międzyregionalnych sprzężeń zwrotnych i jeśli chcielibyśmy je stosować, trzeba by przyjąć założenie, iż efekt tych sprzężeń jest równy zeru lub stanowi wielkość, którą można pominąć.

Czy jednak założenie takie jest uzasadnione? Aby odpowiedzieć na to pytanie, trzeba określić wielkość błędu wynikającego z pominięcia międzyregionalnych sprzężeń zwrotnych. W jaki sposób błąd ten może być określony? Rozważmy prosty przypadek dwuregionalnej gospodarki<sup>1</sup>. Niech superskrypt  $M$  oznacza miasto wojewódzkie, a  $N$  otaczające go województwo. Wtedy  $A^{MM}$  będzie oznaczać macierz współczynników nakładów między gałęziami gospodarki miasta, a  $A^{NN}$  odpowiednią macierz dla otaczającego go województwa. Jednostkowe nakłady poszczególnych gałęzi gospodarki województwa, pochodzące z poszczególnych gałęzi gospodarki miasta, wyraża  $A^{MN}$ , zaś  $A^{NM}$  takie same nakłady w odwrotnym kierunku.

Te cztery grupy współczynników możemy przedstawić jako podmacierze rozłożonej macierzy  $A$ :

$$A = \begin{bmatrix} A^{MM} & : & A^{MN} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ A^{NM} & : & A^{NN} \end{bmatrix}.$$

Podobnie możemy rozłożyć według regionów wektor popytu końcowego ( $Y$ ) i wektor produkcji globalnej ( $X$ ). Pozwoli nam na to równanie

$$(I - A)X = Y,$$

opisujące *zależność w gospodarce obu regionów, zastąpić dwoma równaniami macierzowymi*;

<sup>1</sup> Badanie efektów sprzężenia zwrotnego w międzyregionalnych modelach nakładów-wyników zapoczątkował R. E. Miller, *Interregional Feedback Effects in Input-Output Models: Some Preliminary Results*. Regional Science Association Papers, 1966, t. 17, s. 105 - 125. Rozważania niniejsze opierają się na jego pracy oraz pracy D. Greytaka, *Regional Impact of Interregional Trade in Input-Output Analysis*. Regional Science Association Papers, 1970, t. 25, s. 203 - 217., który posługując się metodą R. E. Millera przeprowadził badania empiryczne.

$$\begin{aligned}(I - A^{MM})X^M - A^{MN}X^N &= Y^M \\ -A^{NM}X^M + (I - A^{NN})X^N &= Y^N.\end{aligned}\tag{1}$$

Pierwsze z nich wskazuje, że produkcję końcową poszczególnych gałęzi miasta  $M$  otrzymamy, odejmując od produkcji globalnej tych gałęzi zapotrzebowanie wewnętrzne układu oraz dostawy do województwa; drugie, podobną zależność dla gospodarki województwa  $N$ .

Dezagregacja równania  $(I-A)X=Y$  miała na celu sprowadzenie go do układu równań współzależnych nadających się do badania sprzężeń zwrotnych. Przekształcenie równania (1) według procedury odpowiedniej dla równań współzależnych daje następujące wyniki:

$$\begin{aligned}X^M &= [(I - A^{MM}) - A^{MN}(I - A^{NN})^{-1}A^{NM}]^{-1}Y^M + \\ &+ [(I - A^{MM}) - A^{MN}(I - A^{NN})^{-1}A^{NM}]^{-1}A^{MN}(I - A^{NN})^{-1}Y^N\end{aligned}\tag{2}$$

$$\begin{aligned}X^N &= [(I - A^{NN}) - A^{NM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MN}]^{-1}A^{NM}(I - A^{MM})^{-1}Y^M + \\ &+ [(I - A^{NN}) - A^{NM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MN}]^{-1}Y^N.\end{aligned}\tag{3}$$

W obu równaniach wyodrębniają się dwa wyrażenia zapisane w dwóch wierszach. Jedno przedstawia produkcję globalną potrzebną do tego, by uzyskać określoną produkcję końcową (zaspokoić popyt końcowy) we własnym regionie, drugie — produkcję globalną danego regionu niezbędną dla uzyskania określonej produkcji końcowej (zaspokojenia popytu końcowego) w innym regionie. Tak więc  $X^M$  wyraża produkcję globalną miasta, która pozwala na uzyskanie określonej produkcji końcowej w samym mieście ( $Y^M$ ) oraz w województwie ( $Y^N$ ). Podobnie  $X^N$  wyraża produkcję globalną województwa zapewniającą uzyskanie produkcji końcowej w nim samym ( $Y^N$ ) i w mieście ( $Y^M$ ) na określonym poziomie.

Zinterpretujmy w terminach ekonomicznych równanie (2), opisujące układ miejski, który jest przedmiotem naszego zainteresowania. Gdyby układ ten był odosobniony, dla uzyskania produkcji końcowej  $Y^M$  i zabezpieczenia przepływów międzygałęziowych wystarczyłaby produkcja globalna  $X^M = (I - A^{MM})Y^M$ . Tak jednak nie jest. Sprzężenia zwrotne z województwa wymagają od układu miejskiego zwiększonej produkcji.  $X^M$  musi być mianowicie powiększone o przepływy niezbędne dla wytworzenia w  $N$  tej produkcji, która będzie następnie zużyta jako nakład w  $M$ . Do określenia tak powiększonej produkcji globalnej układu miejskiego dochodzimy w następujący sposób.

a) Zapotrzebowanie jednostkowe poszczególnych gałęzi gospodarki miasta  $M$  na produkty poszczególnych gałęzi gospodarki województwa  $N$  określają elementy  $A^{NM}$ .

b) Całkowite przepływy z województwa do miasta wynoszą więc  $A^{NM}X^M$ . Wyrażenie to stwierdza jedynie, jak wielkie dostawy z poszcze-

gólnych gałęzi  $N$  potrzebne są w poszczególnych gałęziach  $M$ , nie jednak nie mówi o produkcji globalnej  $N$ , która może zapewnić dostawy do  $M$  w ustalonej wysokości.

c) Włączamy do obliczeń macierz  $(I - A^{NN})^{-1}$ . Określa ona bezpośrednią i pośrednią produkcję w  $N$  potrzebną do pokrycia zapotrzebowania na jednostkę produkcji w  $N$ . Jeśli tak, to produkcja globalna w  $N$  niezbędna po to, by sprostać przepływowi określonym w punkcie b), musi wynieść  $(I - A^{NN})^{-1} A^{NM} X^M$ .

d) Ponieważ nakłady jednostkowe w  $N$  pochodzące z dostaw z  $M$  są równe  $A^{MN}$ , przeto całkowite przepływy z  $M$  dla uzyskania w  $N$  produkcji przeznaczonej dla  $M$  i określonej w punkcie c) wyniosą  $A^{MN}(I - A^{NN})^{-1} A^{NM} X^M$ . Wyrażenie to odzwierciedla efekt międzyregionalnego sprzężenia zwrotnego w układzie miejskim  $M$ . Po jego uwzględnieniu produkcja globalna  $X^M$  niezbędna dla uzyskania produkcji końcowej  $Y^M$  w warunkach gospodarki dwuregionalnej wynosi:

$$I - A^{MM} - A^{MN}(I - A^{NN})^{-1} A^{NM} Y^M. \quad (4)$$

Jest to pierwsze wyrażenie w równaniu (2).

W warunkach międzyregionalnego sprzężenia zwrotnego zmienia się także zależność produkcji globalnej w układzie miejskim  $M$  od produkcji końcowej w województwie  $N$ . Następujące kroki prowadzą do określenia zmian.

a) Aby w województwie  $N$  uzyskać produkcję końcową  $Y^N$  działalność produkcyjna gałęzi jego gospodarki musi osiągnąć rozmiary  $(I - A^{NN})^{-1} Y^N$ .

b) Przepływy z  $M$  do  $N$  niezbędne dla osiągnięcia w  $N$  produkcji w tych rozmiarach wynoszą  $A^{MN}(I - A^{NN})^{-1} Y^N$ .

c) Cała odwrócona macierz w równaniu (4) ujmuje wszystkie bezpośrednio i pośrednio nakłady produktów  $M$  dla produkcji w  $M$ . Przez macierz tę należy pomnożyć wyrażenie na całkowite przepływy z  $M$  niezbędne dla produkcji w  $N$ . Innymi słowy wyrażenie b') oznacza dla  $M$  dalszy popyt końcowy, którego zaspokojenie wymaga produkcji globalnej o strukturze takiej, jak w przypadku  $Y^M$ . Rozmiary tej produkcji, tzn. produkcji globalnej w  $M$  niezbędne dla uzyskania w  $N$  produkcji końcowej o określonej wielkości wynoszą:

$$[(I - A^{MM}) - A^{MN}(I - A^{NN})^{-1} A^{NM}]^{-1} A^{MN}(I - A^{NN})^{-1} Y^N. \quad (5)$$

Jest to drugie wyrażenie w równaniu (2).

W ten sposób równanie (2) ujmuje całkowite zapotrzebowanie na produkcję układu miejskiego  $M$  niezbędne dla zaspokojenia popytu końcowego zarówno wewnętrznego, jak i zewnętrznego, tj. zarówno  $Y^M$ , jak i  $Y^N$ . Podobny tok rozumowania można zastosować do równania (3).

Wyrażenia (4) i (5) przedstawiają rozmiary globalnej produkcji mia-

sta zwiększone wskutek sprzężeń zwrotnych z gospodarką województwa. Nie wskazują jednak, o ile wzrosła ta produkcja, jaka jest różnica między jej rozmiarami w modelu zwykłym i w modelu ze sprzężeniami zwrotnymi. Określenie tej różnicy pozwala ustalić, jak wielki popełniliśmy błąd w empirycznych badaniach miast i ich związków z resztą systemu, jeśli pominiemy efekt międzyregionalnego sprzężenia zwrotnego. Obecnie przystępujemy do tego zadania.

Założmy, że zachodzi zmiana w popycie końcowym miasta M w warunkach gospodarki dwuregionalnej. Oznaczmy ją za pomocą wektora  $\Delta Y^M$ . Zmiana ta wywrze wpływ na produkcję globalną zarówno samego miasta, jak i województwa. Posługując się równaniem (2) i (3), możemy określić niezbędny przyrost produkcji globalnej w obu regionach:

$$\begin{aligned}\Delta X^M &= [(I - A^{MM}) - A^{MN}(I - A^{NN})^{-1}A^{NM}]^{-1}\Delta Y^M, \\ \Delta X^N &= [(I - A^{NN}) - A^{NM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MN}]^{-1}A^{NM}(I - A^{MM})^{-1}\Delta Y^M.\end{aligned}\quad (6)$$

Dla miasta M po przekształceniu pierwszego wiersza w wyrażeniu (6), otrzymujemy:

$$\Delta X^M - A^{MM}\Delta X^M - A^{MN}(I - A^{NN})^{-1}A^{NM}\Delta X^M = \Delta Y^M, \quad (7)$$

gdzie:  $A^{MN}(I - A^{NN})^{-1}A^{NM}\Delta X^M$ , jak to wykazano wcześniej, przedstawia dla M efekt międzyregionalnego sprzężenia zwrotnego, tj. zdaje sprawę z wielkości dodatkowych przepływów z M do N niezbędnych dla uzyskania wzrostu produkcji w N, która będzie następnie zużyta jako nakład w M. Wzrost produkcji globalnej miasta niezbędny dla zaspokojenia zwiększonego popytu końcowego jest więc większy niżby to wynikało ze zwykłego modelu  $\Delta X^M - A^{MM}\Delta X^M = \Delta Y^M$ . Różnica wynosi:

$$\{[(I - A^{MM}) - A^{MN}(I - A^{NN})^{-1}A^{NM}]^{-1} - (I - A^{MM})^{-1}\}\Delta Y^M.$$

D. Greytak<sup>2</sup> ustalił empirycznie wielkość efektu międzyregionalnych sprzężeń zwrotnych w gospodarce Stanów Zjednoczonych, zdezagregowanej do ośmiu regionów i dwudziestu trzech gałęzi. Okazało się, że efekt ten jest pokaźny i podnosi rozmiary produkcji globalnej w regionach przeciętnie o 27%. Wielkość błędu spowodowanego przez pominięcie efektu tego rodzaju będzie różna w różnych typach gospodarki, w zależności od stopnia otwarcia regionów. Szersze otwarcie gospodarki regionalnej zwiększy liczbę możliwych sprzężeń zwrotnych, a wraz z tym skalę błędu<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> D. Greytak, op. cit.

<sup>3</sup> Zagadnienie ustalenia mnożników i oddziaływania mnożnikowego poddane zostało krytycznej analizie w pracy I. E. Bradleya i J. P. Gardnera, *Input-Output Multipliers: Some Theoretical Comments*. Journal of Regional Science, 1969, t. 9, nr 2, s. 309 - 317. Autorzy dowodzą, że obecny sposób ustalania mnożników sprawia, iż stosunek łącznego efektu bezpośredniego i pośredniego układu się nieprawidłowo. Rezultatem jest zbyt wysokie oszacowywanie efektu mnożnikowego zmian egzogenicznych w popycie końcowym.

Przy określaniu efektu międzyregionalnych sprzężeń zwrotnych zakładaliśmy, że nie dysponujemy danymi o przepływach międzyregionalnych w podziale gałęziowym, dostępne natomiast są dane o przepływach międzygałęziowych wewnątrz badanego regionu. Tymczasem gromadzenie tych ostatnich danych jest również trudne i pracochłonne. Skłania to do poszukiwania sposobów, które by pozwalały zestawić regionalne tablice nakładów-wyników mniejszym kosztem. Uwagę regionalistów przyciąga zwłaszcza możliwość wykorzystania do tego celu macierzy współczynników nakładów-wyników zestawionej dla całej gospodarki narodowej. Potrzeba uproszczeń występuje, oczywiście, nie tylko przy badaniu efektu sprzężeń zwrotnych, lecz także przy innych zastosowaniach metody nakładów-wyników.

Wiadomo jednak, że między krajowymi i regionalnymi współczynnikami mogą występować duże różnice. Przyczyną tych różnic jest niejednakowa technologia w regionie i w kraju, niejednakowa struktura gałęziowa gospodarki regionalnej i krajowej oraz niejednakowy udział dostaw zewnętrznych w zaopatrzeniu gospodarki regionalnej i krajowej. Jeśli współczynniki krajowe były obliczane dla innego roku niż rok objęty badaniami regionalnymi, dochodzą jeszcze różnice cen, jakie zaszły w tym odstępie czasu. W tablicach regionalnych sporządzonych na podstawie tablic krajowych kryją się więc nieuniknione błędy. Aby ustalić zasadność stosowania tego surogatu trzeba owe błędy określić i zanalizować. Można to zrobić, jeśli rozporządzamy danymi o rzeczywistych przepływach i obliczonymi na ich podstawie współczynnikami. Porównanie tablic rzeczywistych z tablicami zastępczymi pozwala określić wielkość błędu i analizować jego charakter.

Danymi wyjściowymi przy zestawianiu zastępczej tablicy przepływów międzygałęziowych dla regionu mogą być nakłady i produkcja poszczególnych gałęzi, rejestrowane globalnie przez statystykę. Drugim źródłem informacji są krajowe współczynniki nakładów-wyników. Trzeba je tak przekształcić, by pomnożone przez produkcję regionalną dawały przybliżoną wielkość przepływów międzygałęziowych. Przekształcenie można przeprowadzić w niżej podany sposób<sup>4</sup>.

Niech  $A$  oznacza macierz współczynników nakładów-wyników dla całej gospodarki narodowej,  $B$  — macierz rzeczywistych współczynników nakładów-wyników dla gospodarki regionu,  $X$  — wektor globalnej produkcji regionu według gałęzi,  $x$  — wektor sprzedaży produkcji regionu (wiersze),  $z$  — wektor zakupu produktów przez region (kolumny),

<sup>4</sup> Por. S. Czamański i E. E. Malizia, *Applicability and Limitations in the Use of National Input-Output Tables for Regional Studies*. Regional Science Association Papers, 1969, t. 23, s. 65 - 77. Wykorzystując dane rachunkowości regionalnej o dochodach i produkcji oraz krajowe współczynniki nakładów-wyników, autorzy opracowali macierz współczynników międzygałęziowych dla stanu Waszyngton i porównali ją z macierzą zestawioną na podstawie rzeczywistych przepływów.

$G$  — macierz grupowania,  $G_w$  — macierz wag ( $0 \leq g_{w,ij} < 1$ ;  $\sum_{i=1}^n g_{w,ij} = 1$ ),  
 $p$  — wektor relacji cen (ceny roku, dla którego zestawia się tablice regionalne i ceny roku, dla którego zestawiono tablicę krajową),  $i$  — wektor jednostkowy, litery z daszkiem — macierze przekątne uzyskane z wektorów: superskrypty:  $r$  — wielkości regionalne,  $T$  — przestawianie macierzy,  $-1$  — odwracanie macierzy lub w zastosowaniu macierzy przekątnej, inna macierz, której elementy niezerowe są odwrotnością macierzy początkowej; subskrypty: 1, 2, 3, ...,  $n$  — kolejne przybliżenia.

Zaczynamy od skorygowania krajowej macierzy współczynników przez przeliczenie jej w cenach innego roku (roku badań regionalnych) oraz sprowadzenie macierzy krajowej i regionalnej do tych samych wymiarów.

$$A_1 = \hat{p}A\hat{p}^{-1}, \quad (1)$$

$$A_2 = GA_1G_w^T, \quad (2)$$

$$B_1 = G^rBG_w^{rT}. \quad (3)$$

Następującą zależność przyjmujemy jako ewidentnie prawdziwą

$$x_2 = A_2 X, \quad (4)$$

gdzie:  $x_2$  jest przybliżeniem znanego  $t$ . Rozwijamy ją do postaci

$$\hat{x}\hat{x}_2^{-1}\hat{x}_2 = \hat{x}\hat{x}_2^{-1}A_2\hat{X}, \quad (5)$$

przekształcamy w

$$\hat{x} = \hat{x}\hat{x}_2^{-1}A_2\hat{X} \quad (6)$$

i otrzymujemy

$$A_3 = \hat{x}\hat{x}_2^{-1}A_2. \quad (7)$$

Wyrażenie (7) jest przybliżeniem macierzy  $B$  ulepszonym dla wierszy ale nie ulepszonym dla kolumn. A oto dalsze kroki:

$$z_3 = i\hat{X}A_3^T, \quad (8)$$

$$\hat{z}\hat{z}_3^{-1}\hat{z}_3 = \hat{z}\hat{z}_3^{-1}\hat{X}A_3^T, \quad (9)$$

$$z = i\hat{X}(A_3z z_3^{-1})^T, \quad (10)$$

oraz

$$A_4 = A_3\hat{z}\hat{z}_3^{-1}. \quad (11)$$

Wyrażenie (11) jest przybliżeniem macierzy  $B$  ulepszonym teraz dla kolumn ale już nie ulepszonym dla wierszy. Można jednakże kontynuować postępowanie przybliżające przez wstawienie  $A_4$  do równania (4) i uzyskanie  $A_5$  w równaniu (7), które następnie może być wykorzystane w równaniu (8) itd. Do ustalenia pozostaje tylko, czy proces ten jest zbieżny, z jaką szybkością i czy granicą, do której dąży, jest macierz  $B$ , złożona z rzeczywistych współczynników regionalnych.

Aby ustalić stopień zbieżności, trzeba najpierw obliczyć bezwzględne odchylenia regionalnych współczynników, oszacowanych na podstawie tablicy krajowej, od współczynników rzeczywistych. Odchylenia te można wyrazić w procentach, a następnie charakteryzować je za pomocą średniej, odchylenia standardowego, decyli itp. Mankamentem tych charakterystyk jest to, że takie samo odchylenie waży więcej, gdy wartość współczynnika rzeczywistego jest mniejsza, mniej gdy wartość ta jest większa. Trudność tę można ominąć stosując w mierzeniu zbieżności, narzędzia teorii informacji. Regionalną tablicę nakładów-wyników oszacowaną na podstawie tablicy krajowej ( $A_n$ ) możemy traktować jako przewidywanie tablicy rzeczywistej ( $B$ ). Obie te tablice są, innymi słowy, dwoma kolejnymi informacjami, przy czym pierwsza ( $A_n$ ) zawiera przewidywanie drugiej ( $B$ ). Wartość drugiej informacji może być traktowana jako funkcja dokładności przewidywań zawartych w informacji pierwszej. Wartość tę wyraża równanie:

$$I(B : A_n) = \sum_i \sum_j \left| b_{ij} \log_2 \frac{b_{ij}}{a_{n:ij}} \right|.$$

Z zapisu równania wynika, że im mniejsza jest wartość  $I$ , tym lepsze jest przybliżenie tablicy oszacowanej do tablicy rzeczywistej.

Porównanie tablicy współczynników oszacowanych i tablicy współczynników rzeczywistych dla gospodarki stanu Waszyngton wykazało różnice przekraczające granice tolerancji. Dotyczy to przede wszystkim gałęzi usługowych, gałęzi surowcowych i gałęzi wyspecjalizowanych w regionie. Trzeba więc przyjąć, że wykorzystanie tablicy krajowej do zestawiania tablic regionalnych nie jest uprawnione bez poważnych zabiegów adaptacyjnych. Autorzy doszli do wniosku, że niezbędna jest zwłaszcza: 1) daleko posunięta agregacja gałęzi usługowych (silne zróżnicowanie struktury usług w regionach jest przyczyną dużych odchyżeń od struktury krajowej), 2) ustalenie faktycznych przepływów dla gałęzi surowcowych i wyspecjalizowanych w regionie (odmienność zasobów surowcowych w każdym regionie oraz szczególne cechy technologii gałęzi wyspecjalizowanych sprawiają, że analogia do zasobów i gałęzi krajowych byłaby zawodna).

Z rozważań tych wynika, że najbardziej znaczące odchylenia współczynników oszacowanych od współczynników rzeczywistych zostały spowodowane przez odmienność struktury branżowo-gałęziowej gospodarki regionalnej i krajowej. Gdybyśmy zabiegi adaptacyjne ograniczyli do wyeliminowania tej deformacji, można by je wykonać w stosunkowo prosty sposób polegający na tym, że tablica regionalna jest zestawiona przez agregację bardziej szczegółowej tablicy krajowej przy użyciu wag regionalnych<sup>5</sup>. Taka tablica regionalna odzwierciedlałaby strukturę gospo-

<sup>5</sup> T. Y. Shen, *An Input-Output Table with Regional Weights*. Regional Science Association Papers, 1960, t. 6, s. 113 - 119.

darki regionalnej zagregowaną bardziej niż struktura gospodarki narodowej. Agregacja mogłaby przebiegać np. od branż do gałęzi. Współczynniki branż należących do danej gałęzi produkującej byłyby dodawane, tzn. w miejsce kilku wierszy powstałby jeden wiersz. Agregacja kolumn reprezentujących branże zużywające przebiegałaby inaczej. Z współczynników branżowych należałoby obliczyć średnie ważone dla całych gałęzi, przyjmując jako wagi np. produkcję czystą poszczególnych branż gospodarki regionalnej.

Oddziaływanie zmian w popycie końcowym na produkcję globalną i jej przestrzenne rozmieszczenie nie przejawia się natychmiast i jednorazowo, lecz jest procesem. Przystosowanie się produkcji może trwać krótszy lub dłuższy okres czasu, zależnie od rodzaju i skali zmian w popycie końcowym. W dodatku może się odbywać przez powiększanie skali produkcji w istniejących zakładach lub budowę nowych zakładów. W okresie przystosowawczym może zmieniać się technologia wytwarzania, struktura gałęziowa gospodarki i układ powiązań regionalnych.

Metoda nakładów-wyników, w zastosowaniach praktycznych do badań regionalnych, opiera się z reguły na założeniu liniowości i jednorodności funkcji produkcji i wymiany, a to oznacza stałość współczynników nakładów i współczynników wymiany międzyregionalnej. W modelach opartych na tym założeniu<sup>6</sup> nie ma możliwości uwzględnienia zmian współczynników i trzeba zakładać, że jednostkowe nakłady i przepływy międzyregionalne będą w przyszłości takie same jak w okresie sprawozdawczym. Nasuwa się pytanie, czy przy założeniu tego rodzaju, metoda ta nadaje się do przewidywania i na jaki okres czasu. Pomijamy w tym miejscu pozamodelowe ustalenia i operacje prognostyczne.

Rzeczywisty rozwój układów gospodarczych najczęściej odbiega od założenia liniowości i jednorodności<sup>7</sup>. Potrzebna jest więc ostrożność w stosowaniu metody nakładów-wyników do badania wpływu zmian w popycie końcowym na produkcję, gdy wpływ ten rozciąga się w czasie i do przewidywania rozwoju w ogóle. Z badań przeprowadzonych w Holandii<sup>8</sup> wynika, że przewidywanie wychodzące poza okres trzyletni, za pomocą tej metody, daje wyniki nie lepsze niż przewidywanie intuicyjne. Do wniosku takiego prowadzi porównanie rozwoju rzeczywistego z przewidywanym na podstawie tablic nakładów-wyników sporządzonych kolejno dla okresu 1949 - 1958. Na potrzebę zachowania ostrożności wskazują także badania przepływów między stanem Kalifornia

<sup>6</sup> Odstąpienie od niego w modelach teoretycznych, gdy nie wchodzi w rachubę trudności gromadzenia danych i obliczeniowe, jest oczywiście możliwe.

<sup>7</sup> W. H. Long, *An Examination of Linear Homogeneity of Trade and Production Functions in County Leontief Matrices*. Journal of Regional Science, 1969, t. 9, nr 1, s. 47 - 67.

<sup>8</sup> G. Rey, C. B. Tilanus, *Input-Output Forecasts for the Netherlands 1049 - 1958*. Econometria, 1963, t. 31, s. 454 - 463.

i stanem Waszyngton<sup>9</sup>. Przeprowadzono tam eksperyment polegający na „przewidywaniu wstecz” ruchu ładunków na kolejach. Stosując współczynniki powiązań międzystanowych (kolejami) z 1961 r., starano się „przewidzieć” przepływy w 1955 r. Tak ustalone wielkości porównano z wielkościami rzeczywiście zaobserwowanymi. Wyniki porównań są następujące. Odchylenia przepływów w relacji Kalifornia-Waszyngton wahają się w poszczególnych grupach ładunków 4-71%, a w relacji odwrotnej 0 - 55%. W ośmiu grupach ładunków, stanowiących 30% całości przepływów, odchylenie było mniejsze niż 10%; w dalszych szesnastu grupach, stanowiących 60%, mniejsze niż 20%.

Ogólnie biorąc, przy założeniu liniowości i jednorodności, metoda nakładów-wyników może być wykorzystana do przewidywania jedynie na krótki i średni okres czasu. Wydłużenie okresu predykcji wymaga zmodyfikowania metody, tak by mogła uwzględniać zmienność współczynników nakładów oraz współczynników powiązań międzyregionalnych<sup>10</sup>.

Dotąd zajmowaliśmy się międzygałęziowymi i międzyregionalnymi powiązaniem otwartego układu gospodarczego, obecnie przechodzimy do relacji innego typu, mianowicie relacji między układem gospodarczym a środowiskiem przyrodniczym. Ich nasilenie związane z charakterem współczesnej cywilizacji technicznej stworzyło szereg problemów niepokojących ludność, organizacje społeczne, władze administracyjne. Niepokojowi temu towarzyszy wzmożone zainteresowanie naukowców problemem ochrony środowiska przyrodniczego<sup>11</sup>. Jest to problem typowo międzydyscyplinarny, do którego rozwiązania geografia i ekonomia mogą wnieść znaczący wkład.

Wielostronność wzajemnych relacji sprawia, że gospodarka i środowisko przyrodnicze coraz częściej traktowane są jako podsystemy szerszego systemu ekonomiczno-ekologicznego. Nie wdając się w dyskusyjne

<sup>9</sup> R. Riefler, Ch. M. Tiebout, *Interregional Input-Output: an Empirical California-Washington Model*. Journal of Regional Science, 1970, t. 10, z. 2, s. 135- 152.

<sup>10</sup> Zagadnienie krótko- i średniookresowych prognoz ekonometrycznych dyskutuje Z. Pawłowski w pracy: *Teoria prognozy ekonometrycznej w gospodarce socjalistycznej*, Warszawa 1968.

<sup>11</sup> Ważnym wydarzeniem w tej dziedzinie była sesja naukowa zorganizowana w 1970 r. w Szczecinie przez trzy komitety naukowe PAN: Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, Komitet Człowiek i Środowisko, Komitet Ochrony Przyrody i jej Zasobów. O tematyce sesji informują wygłoszone w ramach Materiałów sesji naukowej poświęconej problemom środowiska człowieka, PAN, Szczecin 9-10 XI 1970 r., następujące referaty: S. Leszczycki, *Zagadnienia degradacji środowiska człowieka*; Z. Chojnicki, *Użytkowanie i racjonalne wykorzystanie zasobów środowiskowych w Polsce*; J. Paszyński, A. Hornig, M. Kluge, W. Koehler, M. Sokołowski, *Środowisko miejskie i przemysłowe*; T. Skawina, Z. Bojarski, J. Jańczak, F. Kamieniecki, A. Kleczkowski, T. Muszkiet, *Zanieczyszczenie i zatrucie środowiska w Polsce*; T. Wilgat, *Ochrona wartości środowiska przyrodniczego w Polsce*.

kwestie terminologiczne możemy stwierdzić, że choć wokół połączenia systemu ekonomicznego i ekologicznego narosło sporo nieporozumień jest ono autentyczne. Stwierdzenie to nasuwa przypuszczenie, że w badaniu tych systemów i wzajemnych relacji używane mogą być znane już metody badania ogólnej współzależności oraz zbiór technik określony mianem techniki systemów.

Dysponujemy już sprawozdaniem z obiecującej próby zastosowania metody nakładów-wyników i programowania liniowego<sup>12</sup>. Próba ta wymagała uprzedniego rozwinięcia metody. O kierunkach niezbędnych uzupełnień informuje ogólnie ryc. 1. Wychodzi się przy tym z założenia, że

		GAŁĘZIE GOSPODARKI			PROCESY EKOLOGICZNE		
		rolnictwo Przemysł włókienniczy	...	Przemysł rafinerijny	...	Rybołówstwo sportowe	...
							Produkcja planktonu Produkcja śledzi Produkcja wątluszy
DOBRA EKONOMICZNE	Pszenica						
	Odzież						
	⋮						
	⋮						
	Ropa naftowa						
DOBRA EKOLOGICZNE	Pobór wody						
	Alkalia						
	⋮						
	⋮						
	Plankton						+ -
	Śledź						+ -
	Wątlusz				-		+

Macierz współczynników dla systemu gospodarka-środowisko

<sup>12</sup> Por. W. Isard i in., *Ecologic and Economic Analysis for Regional Development*, 1969. Niniejszy rozdział opiera się na streszczeniu pow. pracy (W. Isard, *Some Notes on the Linkage of Ecology and Economic Systems*. Regional Science Association Papers, 1969, t. 22, s. 85-96).

system ekologiczny, podobnie jak system ekonomiczny, może być rozważany w terminach metody nakładów-wyników oraz że w zakresie, w jakim import jednego systemu jest eksportem drugiego i odwrotnie, oba systemy mogą być sensownie łączone. Aby ująć dodatkowe relacje, macierz współczynników musi być rozszerzona. Do lewego górnego bloku, który reprezentuje tradycyjną tablicę współczynników dla systemu ekonomicznego dodaje się więc blok prawy dolny będący tablicą współczynników dla systemu ekologicznego oraz blok lewy dolny i blok prawy górny ujmujący w formie współczynników przepływy z systemu ekologicznego do systemu ekonomicznego i odwrotnie.

Zwróćmy uwagę na nowe typy współczynników występujące w rozszerzonej macierzy. Za przykład może posłużyć przemysł rafineryjny. W swej działalności produkcyjnej zużywa on dobra ekonomiczne i nieekonomiczne. Tak więc dla wytworzenia produkcji wartości 1 zł rafinerie wydatkują na ropę naftową np. 0,612006 zł i na opłacenie robocizny 0,089378 zł. Współczynniki te należałoby wpisać w lewym górnym bloku w wierszu „ropa naftowa” oraz w kolumnie „przemysł rafineryjny”. Obecnie jednak interesują nas dobra nieekonomiczne, a ściślej te, które rafinerie czerpią ze środowiska przyrodniczego. Dobrem takim jest m. in. woda. Zapotrzebowanie przemysłu rafineryjnego na wodę może przybierać różną postać. Może to być pobór wody (dla produkcji, chłodzenia i użytku sanitarnego), albo zanieczyszczenie wody ściekami. Nakłady z tym związane można przedstawić w formie współczynników. Woda chłodnicza np., w przeliczeniu na 1 zł produkcji, kosztuje 0,114861 zł. Podobnie można obliczyć nakłady ponoszone na skutek użycia ziemi i powietrza.

Inną gałęzią gospodarki związaną jeszcze ściślej ze środowiskiem przyrodniczym jest działalność rekreacyjna. Jednym z rodzajów rekreacji jest rybołówstwo sportowe. W cytowanej już pracy zbadano metodą nakładów-wyników zagadnienie rybołówstwa sportowego w zatoce Plymouth w Nowej Anglii. Głównym gatunkiem ryb jest tam wątlusz. Badania empiryczne wykazały, że dla wywołania efektu rekreacyjnego rybołówstwo sportowe z łódką motorową powinno dawać 6200 funtów wątlusza na 1000 osobodni. Liczbę tę wpisujemy do tablicy współczynników w klatce odpowiadającej wierszowi „wątlusz” i kolumnie „rybołówstwo sportowe”.

Wątlusz jest wytworem procesu produkcyjnego dokonującego się w systemie ekologicznym. W wyniku badań biologicznych ustalono, że dla wyprodukowania 1 funta wątlusza potrzebne są następujące nakłady: 1,167 funta śledzi, 1,167 funta innych małych ryb, 8,333 funta mięsożernych bezkręgowców. Z kolei dla wyprodukowania 1 funta śledzi potrzeba 10 funtów planktonu, a 1 funta innych małych ryb i mięsożernych bezkręgowców — 10 funtów roślinożernych bezkręgowców. Wszystkie te procesy są ogniwami łańcucha pokarmowego w systemie ekologicznym. Dane o ich nakładach-wynikach możemy zapisać w prawym dolnym blo-

ku tablicy, wyszczególniając procesy produkcyjne w kolumnach, a nakłady w wierszach. Łańcuch pokarmowy jest tylko jednym z rodzajów powiązań w systemie ekologicznym. Cykl fosforu i fotosynteza to przykłady powiązań innego rodzaju, mianowicie powiązań biogeochemicznych. W badaniu systemu ekologicznego i jego relacji z systemem ekonomicznym nie można ich pominąć.

Podział procesów na ekonomiczne i ekologiczne oraz odpowiednie wydzielenie bloków w macierzy współczynników ułatwia przedstawienie problemu wzajemnego oddziaływania za pomocą metody nakładów-wyników. Ścisłe rozgraniczenie nie jest jednak niezbędne do analizy rzeczywistych relacji. Odstąpienie od niego okazuje się pomocne przy pozornie trudnym wyjaśnianiu zawartości ostatniego bloku, tj. bloku prawego górnego. Zwróćmy uwagę na dobro „wątłusz”. W macierzy współczynników występuje ono w dolnej części jako dobro ekologiczne, wytwarzane przez procesy ekologiczne, co zaznaczono znakiem „+” i zużywane w procesie ekonomicznym, co zaznaczono znakiem „—”. Może być jednak rozpatrywane także jako dobro ekonomiczne, tak jak teren budowlany, las, siła robocza. Podobnie jak te ostatnie jest dobrem rzadkim, nakładającym ograniczenia na działalność, w toku której jest zużywane. Jeśli przyjmie się ten punkt widzenia, wejścia dodatnie w prawym górnym bloku będą oznaczać produkcję procesów ekologicznych, stwarzającą zasoby dla systemu ekonomicznego, zaś wejścia ujemne — zużycie zasobów ekonomicznych w procesach ekologicznych, np. spożycie śledzi przez wątłusze, czy planktonu przez śledzie.

Ożywienie naukowych zainteresowań problemem związków między gospodarką i środowiskiem przyrodniczym na nowo uaktualnia kwestię stosunku między regionami ekonomicznymi i regionami przyrodniczymi. Literatura na ten temat jest obfita, ale nadal odczuwa się brak należycie uzasadnionych rozstrzygnięć. Nie wchodząc w zagadnienia sporne, warto podkreślić że posługiwanie się metodą nakładów-wyników nie wymaga, by regiony ekonomiczne i regiony przyrodnicze pokrywały się co do obszaru. Można bowiem z powodzeniem badać system ekonomiczny (np. aglomerację miejsko-przemysłową) zajmujący niewielki obszar w relacji do znacznie rozleglejszego systemu ekologicznego, rozciągającego się np. w górę rzeki po ujęciu wody dla miasta i w dół rzeki do miejsca intensywnego oddziaływania ścieków przemysłowych.

Jakie problemy dotyczące relacji między systemami ekonomicznymi i systemami ekologicznymi mogą być badane za pomocą metody nakładów-wyników i programowania liniowego? Pokrewne tym, jakie rozważaliśmy w związku z relacjami między gospodarką centralną i gospodarką miejską. Tak więc można ustalać rozmiary produkcji dobra ekologicznego niezbędne do uzyskania określonej produkcji końcowej dobra ekonomicznego. Podobnie jak poprzednio, do obliczeń potrzebna jest odwrócona macierz współczynników  $(I-A)^{-1}$ . Wyniki obliczeń umożliwiają zoriento-

wanie się, czy zamierzona produkcja dóbr ekonomicznych nie stwarza dla systemu ekologicznego obciążenia naruszającego jego równowagę. Programowanie liniowe pozwala na rozwiązywanie problemów typu: jak zaplanować produkcję (technologię wytwarzania, strukturę asortymentową), aby przy danych zasobach dobra ekologicznego (np. wody) osiągnąć maksimum celu ekonomicznego (np. produkcji czystej), gdzie zlokalizować obiekty ekonomiczne, aby przy danej technologii i produkcji zużycie dóbr ekologicznych (np. zanieczyszczenie powietrza miejskiego) było najmniejsze, w jaki sposób intensyfikować produkcję biomasy w danym ekosystemie, aby uzyskać potrzebną ilość produktów najmniejszym kosztem. W ostatnim przypadku program liniowy może mieć postać:

$$\sum_{w=1}^n c_w x_w = \min ,$$

przy zachowaniu warunków:

$$\sum_{u=1}^m \sum_{w=1}^n a_{uw} x_w = b_u ,$$

$$x_w \geq 0 ,$$

gdzie:  $a_{uw}$  — wielkość produktu  $u$  uzyskiwana w wyniku zastosowania sposobu (technologii) w skali jednostkowej,  $b_u$  — potrzebna ilość produktu  $u$ ,  $c_w$  — koszt jednostkowy produkcji biomasy przy zastosowaniu sposobu  $w$ ,  $x_w$  — zmienna decyzyjna oznaczająca skalę, w jakiej należy rozwijać technologię  $w$ .

#### LIMITATIONS AND EXTENSION OF THE INPUT-OUTPUT METHOD APPLIED FOR REGIONAL RESEARCH

##### Summary

Employment of the input-output method in its classical form for regional research is faced with difficulties in the absence of suitable statistics. Employment of simplified versions of that method results in inexactness. The questions that should be asked is of what order is the inexactness and if it does not undermine the sense of employing a simplified version of the method. The problem discussed in this article is the one of inaccuracy arising when no allowance is made for the feedbacks in the input — output table for one region and when the national input-output coefficients are applied to make regional tables. Next the author points to the limitations of the method under the assumption of linear and homogenous function. The last part of the article is devoted to a new field of employing the input — output method, namely to doing research with help of the economy: natural environment relation.