

JAKUB BORATYŃSKI
MICHAŁ PRZYBYLIŃSKI
IWONA ŚWIECZEWSKA
Uniwersytet Łódzki

METODY INPUT-OUTPUT: WYBRANE KIERUNKI ROZWOJU¹

Streszczenie. W artykule przedstawione zostały wybrane kierunki rozwoju metod input-output, które według autorów opracowania zostały uznane za szczególnie aktualne i kryjące w sobie znaczny potencjał rozwojowy. Uwaga została skoncentrowana na zastosowaniu metod input-output w analizach symulacyjnych potencjalnych ścieżek rozwoju określonych obszarów gospodarki, mających szczególne znaczenie dla kształtowania polityki ekonomicznej. Przedstawione zostały także problemy pomiaru obrotów handlowych z punktu widzenia globalnych łańcuchów wartości oraz zagadnienia związane z analizą procesów dyfuzji innowacji na szczeblu gałęziowym.

Słowa kluczowe: przepływy międzygałęziowe, zastosowania metod input-output, handel wartością dodaną, międzygałęziowa dyfuzja innowacji; modele równowagi ogólnej.

1. Wprowadzenie

Za prekursora metod input-output uważa się Francisa de Quesnay'a, który w 1758 roku opublikował *Tableau Economique*. Podstawowa postać modelu przepływów międzygałęziowych krystalizowała się przez następne bez mała 200 lat do czasu, gdy Wassily Leontief stworzył spójny i kompletny model gospodarki, stosowany do dziś. Przegląd kierunków rozwoju metod input-output należy więc rozpocząć od pracy *Structure of the American Economy*, a w zasadzie od momentu, gdy koncepcja w niej zawarta została rozpowszechniona i zaakceptowana przez ekonomistów. Początkowo była ona rozwijana głównie przez współpracowników i uczniów Leontiefa. I tak, w latach pięćdziesiątych dwudziestego wieku modele regionalne input-output tworzyli Isard, Chenery i Mo-

¹ Artykuł został przygotowany i wygłoszony na uroczystej sesji poświęconej Jubileuszowi pracy naukowej prof. dr hab. Łucji Tomaszewicz, w ramach XXIII Ogólnopolskiej Konferencji Dydaktycznej w czerwcu 2014 roku w Łodzi.

ses, a Dorfman, Samuelson i Solow rozszerzyli model Leontiefa o metody optymalizacyjne. Także sam Leontief publikując wyniki badań dotyczących zawartości czynników produkcji w handlu zagranicznym dał potężny impuls do poszukiwania nowych teorii handlu zagranicznego.

W latach sześćdziesiątych do głosu doszli ekonomiści europejscy, przede wszystkim Richard Stone, współtwórca systemu rachunków narodowych. W tej dekadzie pojawili się prekursorzy modeli zintegrowanych (m.in. grupa Inforum, powstała w 1967 roku) i badań w zakresie powiązań gospodarki i środowiska. Lata siedemdziesiąte przyniosły rozwój modeli dynamicznych i modeli handlu światowego, a Wassily Leontief uhonorowany został nagrodą Nobla (1973). Modele makroekonomiczne oparte na tablicach input-output (zintegrowane i CGE – Computable General Equilibrium) przybrały w tym okresie kształty stosowane w ogólnych zarysach do dzisiaj (por. Tomaszewicz 1983). W kolejnej dekadzie pojawiły macierze rachunkowości społecznej (SAM) opracowane i rozwijane w Wielkiej Brytanii pod kierunkiem wspomnianego Richarda Stone’a, także laureata Nagrody Nobla (1984).

Powyższy rys historyczny dotyczący rozwoju podstawowych kierunków badawczych można zakończyć w momencie powstania International Input-Output Association (1988). Na corocznych konferencjach tego stowarzyszenia prezentowane są setki referatów (w 2014 roku w Lizbonie liczba ta zbliżyła się do 400). Jedynie część z nich można zaliczyć do obszarów badawczych wymienionych powyżej, uznawanych już dzisiaj za klasyczne. Trudno przy tym wskazać obszary jednoznacznie dominujące.

Pierwotny cel niniejszego artykułu, czyli nakreślenie kierunków rozwoju metod input-output w ostatnich latach, nie może więc obejmować całego obszaru badań. Wybór zagadnień przedstawionych poniżej jest z konieczności subiektywny. Uważamy je za szczególnie aktualne i kryjące w sobie duży potencjał rozwojowy. Pierwsza część koncentruje się na narzędziach symulacyjnych, służących do kształtowania polityki ekonomicznej. Część druga przybliży czytelnikowi problem pomiaru międzynarodowych obrotów handlowych z punktu widzenia globalnych łańcuchów wartości. Ostatnia grupa zagadnień dotyczy procesów dyfuzji innowacji na szczeblu gałęziowym.

Warto wspomnieć, że metody input-output znalazły uznanie nie tylko w krajach kapitalistycznych. Ponieważ idea badania powiązań surowcowo-materiałowych pomiędzy gałęziami gospodarki wydawała się być niezwykle interesująca dla planistów w gospodarkach centralnie sterowanych, koncepcje modelu input-output rozwijały się także po drugiej stronie żelaznej kurtyny. Perspektywa ujęcia procesu planowania gospodarki w sformalizowany, naukowy system spra-

wozdawczo-obliczeniowy dawała nadzieję na pełne wykorzystanie przewag ustroju nakazowo-rozdzielczego nad kapitalistycznym systemem wolnorynkowym. Nic więc dziwnego, że w Związku Radzieckim poszukiwania takich sformalizowanych narzędzi prowadzono już w latach dwudziestych i trzydziestych dwudziestego wieku, a więc przed publikacjami Leontiefa. Ponieważ przewagi, o których mowa, okazały się iluzoryczne, także oryginalny dorobek naukowców z ZSRR oraz krajów tzw. demokracji ludowej został zapomniany jako nieprzystający do reguł gospodarki rynkowej.

W Polsce idee Leontiefa pojawiły się dość wcześnie, jednak nigdy nie znajdowały się w głównym nurcie badań ekonomicznych. Wyjątkową konsekwencją w zakresie rozwoju teorii, a także empirycznych zastosowań metod input-output wykazuje się łódzki ośrodek stworzony i kierowany przez prof. dr hab. Łucję Tomaszewicz. Przegląd polskiego dorobku naukowego w omawianym zakresie znaleźć można w pracy Tomaszewicz (2005).

2. Metody input-output w modelowaniu gospodarki

Wiele zagadnień polityki gospodarczej wymaga analizy z wyodrębnieniem gałęzi gospodarki lub wytwarzanych w niej produktów, w odpowiednio szczegółowej dezagregacji. W praktyce do odpowiedzi na pytania z zakresu polityki:

- energetyczno-klimatycznej,
- handlu zagranicznego (cła, kontyngenty),
- podatkowej,
- wydatków publicznych,
- rolnej,

stosowane są często narzędzia (modele) odwołujące się do metodyki input-output i wykorzystujące jako źródło danych tablice podaży i wykorzystania wyrobów i usług lub bilanse przepływów międzygałęziowych (por. Tomaszewicz 1994; Miller, Blair 2009). Można powiedzieć, że w tym przypadku podejście input-output stało się częścią szerszych ujęć metodologicznych, w tym modeli typu CGE (*computable general equilibrium*) oraz tzw. modeli zintegrowanych (*input-output econometric models*) – współtworzących łącznie klasę modeli wielosektorowych, określaną tym mianem ze względu na przyjętą w nich dezagregację gałęziową/produktową. Poniżej scharakteryzowano krótko oba typy modeli i przedstawiono przykłady ich zastosowań. Ze względu na fakt, że przykłady te są bardzo liczne, wyczerpujący przegląd literatury dalece wykra-

czalby poza ramy niniejszej pracy – wybór cytowanych niżej pozycji został więc dokonany w celach ilustracyjnych.

Modele CGE (por. Dixon, Jorgenson 2013), których początki sięgają prac Leifa Johansena (Johansen 1960; zob. też Dixon, Rimmer 2010) są obecnie szeroko rozpowszechnionym narzędziem do oceny wpływu polityki gospodarczej lub innych „szoków” ekonomicznych (takich jak np. zmiany technologiczne, odkrycie złóż surowców itp.) na wielkości makroekonomiczne (np. konsumpcję, PKB) i sektorowe (produkcja, zatrudnienie, ceny itp. – na szczeblu gałęzi). Elementem podejścia input-output w ramach modeli CGE jest ujęcie w nich powiązań produkcji poszczególnych gałęzi, a także cen produktów w łańcuchu produkcyjnym. Producenci wykorzystują wzajemnie swoje wyroby/usługi jako nakłady w procesie produkcyjnym, tak więc zmiana aktywności jednej branży pociąga za sobą zmianę aktywności innych branż, a zmiana kosztów produkcji (cen produktów) jednej branży pociąga za sobą zmianę kosztów (cen produktów) w pozostałych branżach. W przeciwieństwie do modelu Leontiefa, modele CGE dopuszczają substytucję czynników produkcji i ograniczoność ich zasobów (ograniczenia podażowe), a ponadto opisują wycenę i alokację pierwotnych czynników produkcji (pracy, kapitału, zasobów naturalnych) oraz uwzględniają wpływ cen produktów na eksport i import oraz krajowy popyt finalny.

Na przykład Böhringer et al. (2009) analizują – na podstawie symulacji na modelu CGE – koszty pakietu energetyczno-klimatycznego UE na rok 2020. Szczególne dopasowanie modeli wielosektorowych do tego typu analiz wynika z faktu, że odzwierciedlają one specyfikę gałęzi i gospodarek pod względem energochłonności, struktury paliwowej miksu energetycznego i emisyjności. Z kolei Perali et al. (2012) badają wpływ zniesienia ceł w światowym handlu produktami rolnymi na gospodarkę Unii Europejskiej (EU15). W tym przypadku analiza jest możliwa dzięki wykorzystaniu danych input-output, przedstawiających – poza niezbędną w tym przypadku dezagregacją sektorową – bilateralne powiązania handlowe między krajami, a także między regionami (na szczeblu NUTS-1). Ogólnie rzecz biorąc, w analizach dotyczących liberalizacji handlu, dzięki dezagregacji sektorowej możliwe jest wskazanie gałęzi będących „wygranymi” i „przegranymi”. Istotne miejsce w literaturze zajmują badania poświęcone skutkom reform podatkowych (zob. np. Bye 2012, Jorgenson, Yun 2013), gdzie dane input-output pozwalają precyzyjniej niż w ujęciach zagregowanych ująć strukturę systemu podatkowego (np. zróżnicowanie stawek podatków od produktów zaklasyfikowanych do odmiennych kategorii).

Konkurencyjną, choć mniej rozpowszechnioną – w stosunku do CGE – klasą modeli wielosektorowych są modele zintegrowane, łączące model input-

output z elementami tradycyjnych, wielorównaniowych modeli makroekonometrycznych dużej skali. Prekursorem tego typu podejścia jest Clopper Almon, założyciel organizacji Inforum (Interindustry Forecasting at the University of Maryland, powstała w 1967 r.), z którą współpracuje obecnie ponad dwadzieścia ośrodków naukowymi na świecie. Sama nazwa Inforum odnosi się również do klasy modeli, zgodnych z metodologią wypracowaną przez tę organizację (zob. Almon 1991). W porównaniu do modeli CGE, modele zintegrowane kładą większy nacisk na opis dynamiki dostosowań gospodarki do zadawanych „szoków” (podczas gdy w modelach CGE częściej analizowane są same efekty długookresowe), odzwierciedlają – obok realnych – także zjawiska pieniężne (np. objaśniają poziom cen, a nie tylko relacje cen w gospodarce), ponadto poddawane są zwykle pewnej formie weryfikacji na podstawie symulacji *ex post* (co wiąże się z koniecznością zastosowania w dość szerokim zakresie podejścia ekonometrycznego – m.in. objaśniania zmian strukturalnych w gospodarce, odzwierciedlających zmiany technologii i preferencji; należy dodać, że istnieje też nurt modelowania CGE bazującego ściśle na ekonometrycznej estymacji kluczowych parametrów – por. Jorgenson et al. 2013), a wreszcie podstawy teoretyczne tych modeli w większym stopniu nawiązują do tradycji ekonomii keynesistowskiej niż do ujęcia neoklasycznego (odzwierciedlonego w modelach CGE). W latach 80-tych powstał także i jest rozwijany do dziś model typu Inforum dla polskiej gospodarki – IMPEC (zob. Balcerak et al. 1997). Zastosowania różnych wersji tego modelu obejmują m.in. analizę powiązań gospodarki i środowiska przyrodniczego (Plich 2002), oszacowanie wpływu zmian cen energii na polską gospodarkę (Boratyński et al. 2010), a także ocenę ekonomicznych skutków spodziewanego wydobycia gazu łupkowego (Plich 2013).

Innym przykładem modelu zintegrowanego (w przyjętym tu rozumieniu) jest model o nazwie E3ME (Cambridge Econometrics 2014). Model ten był niejednokrotnie stosowany do oceny skutków regulacji (*impact assessment*) w ramach Unii Europejskiej – przykładem jest analiza efektów proponowanych zmian w akcyzie od wyrobów energetycznych (European Commission 2011).

Podsumowując, wielosektorowy charakter modeli ekonomicznych, będący ścisłym nawiązaniem do tradycji analizy input-output, nadaje tym modelom szczególny walor aplikacyjny. Warto dodać, że systematyczny wzrost jakości, ilości i częstotliwości danych typu input-output (czego dobrym przykładem jest powstanie bazy danych WIOD – *World Input-Output Database*, zawierającej szeregi czasowe tablic input-output i rachunków satelickich dla ok. 40 państw, ujętych w ujednoliconej postaci; por. Timmer 2012), istotnie zwiększa potencjał dalszego rozwoju metodologii modelowania wielosektorowego i wzrostu liczby zastosowań.

3. Fragmentacja procesu produkcji i wartość dodana w handlu zagranicznym

“Global value chains have been one of the hot topics in recent years in I–O.” (Dietzenbacher et al. 2013, s. 384).

Pojęcia łańcucha wartości (*value chain*) i łańcucha dostaw (*supply chain*) pojawiły się w naukach z zakresu zarządzania i logistyki (M. Porter), opisywały więc pierwotnie wyłącznie procesy zachodzące w gospodarce z mikroekonomicznego punktu widzenia. Oznaczają one całokształt działań podejmowanych przez wytwórców od etapu koncepcji do dostarczenia gotowego produktu odbiorcy. Analiza łańcucha wartości z pozycji firmy prowadzić ma do zwiększenia jej konkurencyjności na rynku.

Pojęcie łańcucha wartości przeniknęło do literatury makroekonomicznej w sposób dość oczywisty. Podkreśla ono fakt, że produkt finalny powstaje na wielu etapach i w związku z tym konsekwencje jego wytworzenia pojawiają się nie tylko tam, gdzie obserwujemy ostatnią fazę produkcji. Przykładem takiego rozumowania jest zasada *consumer-based emissions accounting*. Śledzenie globalnych łańcuchów wartości prowadzi w konsekwencji do rewizji sposobu pomiaru wartości obrotów handlowych.

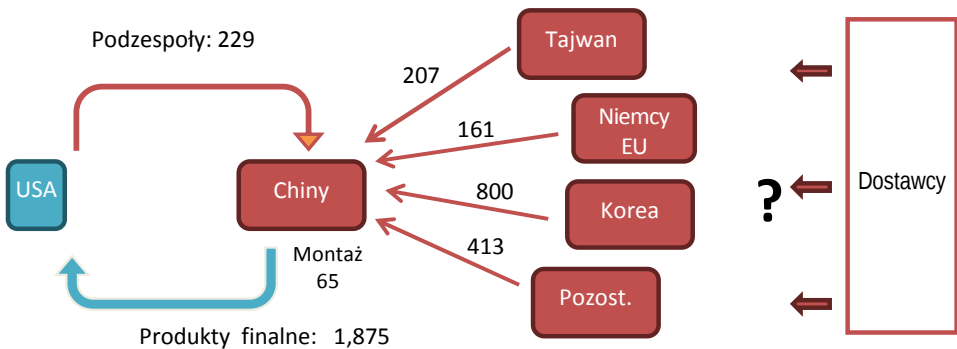
Tradycyjny sposób pomiaru wartości obrotów handlowych skutkuje wielokrotnym naliczaniem wartości dodanej, podobnie jak w przypadku produkcji globalnej. Tak jak miernikiem produkcji w skali makro jest PKB, tak właściwym sposobem oceny wielkości obrotów w handlu zagranicznym jest oszacowanie wartości dodanej zawartej w imporcie i eksporcie. Idea ta nie jest nowa. Przy najmniej od czasów powstania teorii Heckshera-Ohlina za oczywisty uznawany był fakt, że pod postacią produktów kraje wymieniają między sobą nakłady czynników produkcji, czyli wartość dodaną. Przeprowadzenie odpowiednich szacunków było jednak w zasadzie niemożliwe ze względu na brak danych. Problem pomiaru obrotów handlowych był pomijany, gdyż wielkość różnic pomiędzy wartością obrotów liczoną tradycyjnie a wartością dodaną wydawała się nieistotna. Wielkość ta rosła wraz z postępującą globalizacją, a zwłaszcza międzynarodową fragmentacją procesów produkcji. To ostatnie pojęcie oznacza po prostu „podział zintegrowanego wcześniej procesu produkcji na dwie lub więcej składowych lub fragmentów” (Jones, Kierzkowski 2001). Jego gwałtowny rozwój wynika z przyczyn, które mają charakter trwałych trendów, zjawisko to będzie więc najprawdopodobniej narastać. Te przyczyny to:

- obniżenie kosztów transportu i komunikacji,
- ujednolicenie technologiczne w skali globalnej, dające możliwość łatwego wdrożenia produkcji w innym kraju, a także powodujące, że pewne

fragmenty procesu produkcji są powszechnie stosowane w jednolitej formie (np. branża BPO),

- likwidacja barier handlowych (także w obrębie stowarzyszeń).

Obecną skalę problemu pomiaru obrotów handlowych ilustruje przykład produkcji i-Phone'a. Xing i Detert (2010) zestawili koszty produkcji podzespołów tego popularnego urządzenia. Rys. 1 przedstawia uzyskane przez nich wyniki w postaci obrotów handlowych w mln USD przy założeniu produkcji 10 mln sztuk. Oszacowania kosztów wytworzenia 1 sztuki dokonane przez Xinga i Deterta można więc odczytać dzieląc podane liczby przez 10.



Rys. 1. Obroty handlowe związane z produkcją i-Phone'a. Dane umowne oparte na oszacowaniu struktury kosztów produkcji dokonanych przez portal iSuppli.

Źródło: OECD-WTO na podst. Xing i Dietert (2010).

Poszczególne podzespoły (ekran dotykowy, aparat fotograficzny, procesor, pamięć itp.) produkowane w różnych krajach montowane są w Chinach. Eksport finalnych produktów z Chin do USA wynosi 1,875 natomiast wartość dodana wytworzona w Chinach wynosi zaledwie 65. Łączna suma obrotów handlowych pokazana na rys. 1 wynosi 3685 pomimo, że w wyniku zilustrowanego tu procesu wytworzone zostały iPhony o wartości prawie o połowę mniejszej. W rzeczywistości obroty handlu światowego notowane w tradycyjnej konwencji są jeszcze większe, gdyż producenci podzespołów importują surowce i materiały o nieznanym wartości.

Rysunek 1 uzmysławia, że większość miejsc pracy, emisji zanieczyszczeń powietrza itp., tj. efektów związanych z wytwarzaniem iPhonów nie pojawia się

w Chinach mimo, że to Chiny uważa się za ich producenta. Wyroby tego typu, wytwarzane przez wielkie koncerny międzynarodowe są w szczególny sposób poddane międzynarodowej fragmentacji procesu produkcji, jednak w mniejszym lub większym stopniu zjawisko to obejmuje wszystkie rodzaje towarów a nawet usług.

Pierwszą formą korekty danych dotyczących obrotów handlowych stało się wyróżnienie tzw. obrotu uszlachetniającego polegającego na wysłaniu za granicę niewykończonego produktu w celu wykonania tam dalszej obróbki. Produkt ten nie zmienia właściciela, a po uszlachetnieniu wraca do kraju pochodzenia. Przykład pokazany na rys. 1 pokazuje, że korekta handlu o obrót uszlachetniający nie oddaje prawdziwej skali problemu.

Nadzieją na przezwyciężenie problemu pomiaru są międzynarodowe bazy danych oparte na koncepcji wieloregionalnych tablic przepływów międzygałęziowych (MRIO Multiregional Input-Output). Istotą klasycznej tablicy input-output jest ukazanie wzajemnych powiązań surowcowo-materiałowych pomiędzy gałęziami gospodarki. Jest to więc odpowiednie narzędzie do śledzenia przepływów wartości dodanej z perspektywy makroekonomicznej. Inicjatywę taką podjęła OECD we współpracy ze Światową Organizacją Handlu. Trade in Value Added (TiVA) to nazwa projektu, opartego na bazach danych OECD, w ramach którego publikowane są szacunki zarówno obrotów handlu w kategoriach wartości dodanej, jak i zawartości krajowej wartości dodanej w eksporcie poszczególnych krajów.

Alternatywne szacunki tego typu możliwe są na podstawie WIOD (World Input Output Database), powstałej w ramach 7 Programu Ramowego UE. To ostatnie przedsięwzięcie zostało szczególnie docenione przez ekonomistów i to ono cieszy się większą popularnością w literaturze (spośród najnowszych publikacji dotyczących globalnych łańcuchów wartości warto wymienić prace Johnsona (2014), Koopmana i in. (2014), a także Timmera i in. (2014). Oparcie szacunków na tablicach w podziale na 35 gałęzi nie budzi wielkiego zaufania dlatego wspomniane tu źródła danych będą z pewnością rozwijane, a analiza pogłębiania. W Polsce przykład zastosowania tablic przepływów międzygałęziowych publikowanych przez GUS do pomiaru stopnia fragmentacji produkcji przedstawił Przybyliński (2012).

4. Zastosowanie metod input-output w badaniach nad innowacyjnością gospodarki

Metody input-output mają także zastosowanie w badaniach nad szeroko rozumianą innowacyjnością gospodarek. Zdolność gospodarki do tworzenia, wdrażania i stosowania innowacji oraz nowych rozwiązań technologicznych, przy odpowiednich zasobach kapitału ludzkiego, jest obecnie uznawana za podstawowy czynnik tego wzrostu i rozwoju.

Pojęcie innowacji zostało wprowadzone do literatury ekonomicznej głównie za sprawą J.A. Schumpetera (1934). Traktował on to pojęcie niezwykle szeroko, odnosząc je zarówno do nowych lub istotnie ulepszonych produktów i procesów produkcyjnych (co we współczesnym rozumieniu tego pojęcia oznacza innowacje technologiczne), jak i nowych metod organizacji procesów produkcyjnych, czy też poszukiwania nowych metod sprzedaży produktów, nowych rynków zbytu etc. (innowacje nietechnologiczne). Według Schumpetera innowacje powstają poza gospodarką, w specjalnie do tego celu powołanych jednostkach (np. centrach badawczo-rozwojowych „produkujących” wynalazki), a następnie są dostrzegane przez przedsiębiorców i za ich sprawą są wdrażane do gospodarki, powodując efekt tzw. „pchnięcia technologicznego”. Wynika z tego, iż w rozumieniu Schumpetera proces tworzenia innowacji i ich wdrażania do gospodarki ma charakter podaży. Co więcej, innowacja kończy się w momencie wprowadzenia do praktyki gospodarczej nowego rozwiązania. Upowszechnianie innowacji traktowane było przez niego jako odrębny proces, określany mianem imitacji.

J.A. Schumpeter w swoim ujęciu innowacji pomijał w zasadzie rolę rynku w ich kreowaniu. W latach 60. XX w., za sprawą J. Schmooklera (por. np. Schmookler 1966) rozwinęła się popytowa koncepcja teorii innowacji, w świetle której potrzeby odbiorców funkcjonujących w ramach określonego rynku stanowią główny czynnik kreujący innowacje. Przedsiębiorstwa, chcąc zachować swoją pozycję konkurencyjną powinny odpowiednio szybko i właściwie rozpoznać potrzeby rynku w zakresie nowych rozwiązań i w możliwie krótkim czasie takie rozwiązania zaproponować. Niezbędne stało się zatem lokowanie w przedsiębiorstwach własnych centrów badawczych oraz stworzenie takich warunków w otoczeniu przedsiębiorstwa (m.in. tworzenie instytucji wspierających przedsiębiorców, chociażby w zakresie dostępu do określonych zasobów wiedzy), które stanowiłyby wsparcie przedsiębiorców w odpowiedzi na zwiększone potrzeby rynku w zakresie innowacji.

Naturalną cechą innowacji, na co zwrócił uwagę już Schumpeter, jest ich zdolność do rozprzestrzeniania się (dyfuzji) w obrębie danej gospodarki i między gospodarkami. Można pokusić się wręcz o stwierdzenie, iż sama innowacja, która z jakiś powodów byłaby pozbawiona możliwości rozprzestrzeniania miałaby marginalne znaczenie dla rozwoju gospodarczego (Guan, Chen 2009). Uwzględnienie tego faktu przez badaczy zajmujących się zagadnieniami wzrostu gospodarczego, zarówno na gruncie teoretycznym, jak i w badaniach empirycznych wydaje się więc konieczne, a opracowanie odpowiednich metod pomiaru efektów dyfuzji innowacji stało się wyzwaniem dla wielu z nich.

W tym kontekście wykorzystanie modeli typu input-output do pomiaru efektów międzysektorowej dyfuzji innowacji, zarówno w obrębie jednej gospodarki, jak i między gospodarkami wydaje się więc być podejściem naturalnym. Zaletą tych modeli jest równoczesne ujęcie popytowej i podażowej strony gospodarki, a powiązania międzysektorowe wynikają głównie z powiązań surowcowo-materiałowych, których siła jest odzwierciedlana wartością współczynników bezpośrednich i pełnych nakładów. W klasycznej wersji model input-output ma charakter popytowy, co powoduje traktowanie procesów innowacyjnych zgodnie ze wspomnianą wyżej koncepcją J.A. Schmooklera. Już zresztą on sam w swoich rozważaniach podkreślał, iż jednym z najlepszych sposobów stymulowania aktywności innowacyjnej w przedsiębiorstwie jest dostarczanie mu coraz lepszych, często innowacyjnych surowców i materiałów (Schmookler 1966, por. także Hauknes, Knell 2009).

W procesach dyfuzji innowacji wyróżnia się dwa rodzaje tych procesów, a mianowicie: dyfuzję nieucieleśnioną (ang. *disembodied diffusion*) oraz dyfuzję innowacji ucieleśnionych w różnego rodzaju produktach stosowanych w procesach produkcyjnych (ang. *embodied diffusion* lub *product-embodied diffusion*). Pierwszy z wymienionych rodzajów dyfuzji innowacji dotyczy rozprzestrzeniania się wiedzy, idei, technologii w sposób, który nie wymaga zastosowania fizycznych (materialnych) nośników. W kontekście badań nad międzysektorową dyfuzją innowacji ten rodzaj rozprzestrzeniania się innowacji analizowany jest poprzez macierze przepływu patentów (Massisni 1998), macierze cytowań patentów (Verspagen, 1997; Chang, Lai, Chang 2009) czy macierz bliskości technologicznych (Goto, Suzuki 1989; Marrocu, Paci, Usai 2011). Jednak zdecydowanie częściej metody input-output stosowane są w badaniach nad dyfuzją innowacji ucieleśnionych w różnego rodzaju produktach (surowcach i materiałach stosowanych w procesach produkcyjnych, maszynach i urządzeniach wspomagających te procesy etc.). Ten rodzaj dyfuzji analizowany na szczeblu sektorowym jest najczęściej analizowany w oparciu o informacje dotyczące potencjału

innowacyjnego poszczególnych gałęzi oraz siły powiązań międzygałęziowych wyrażonych poprzez odpowiednie współczynniki input-output. Warto także podkreślić, iż rozróżnienie tych dwóch rodzajów procesów dyfuzji na gruncie teoretycznym nie wydaje się być zadaniem skomplikowanym, jednak w badaniach empirycznych trudno jest traktować te procesy w sposób rozłączny.

Wspomniany wyżej potencjał innowacyjny poszczególnych gałęzi gospodarki najczęściej jest utożsamiany z wielkością nakładów (bieżących i/lub skumulowanych) ponoszonych na działalność badawczo-rozwojową (B+R). Wskazuje się także na pewną dualność nakładów na B+R: z jednej strony są one głównym czynnikiem niezbędnym do tworzenia i wdrażania innowacji, z drugiej zaś ułatwiają one firmom pozyskiwanie wiedzy i innowacji ze źródeł zewnętrznych (Guan, Chen 2009). Ilościowa ocena efektów międzysektorowej dyfuzji innowacji w obrębie określonej gospodarki opiera się na założeniu, że wielkość korzyści w danej gałęzi zależy od siły jej powiązań z gałęziami o wysokim potencjale innowacyjnym.

W celu oszacowania dla danej gałęzi wielkości korzyści wynikającej z procesów międzygałęziowej dyfuzji innowacji, w charakterze wag określających siłę powiązań międzygałęziowych stosuje się współczynniki bezpośrednich nakładów materiałowych (podejście po raz pierwszy zastosowane przez Browna i Conrada (1967), stosowane m.in. przez Wolffa (1997), Kellera (2002), Świeczewską i Tomaszewicz (2012)) lub pełnych nakładów materiałowych (Sakurai, Papaconstatinou (1997), Ten Raa, Wolff (2000), Higon (2007), Wolff (2011)). Podejmowano próby uwzględnienia siły powiązań międzygałęziowych przy pomocy współczynników przepływów dóbr kapitałowych (Terleckij (1974)), jednak ograniczony dostęp do odpowiednich danych statystycznych (macierze przepływów dóbr kapitałowych) spowodował, iż to podejście nie było dalej rozwijane. Warto także nadmienić, iż w cytowanych badaniach oszacowana wielkość korzyści dla poszczególnych gałęzi związanych z procesem dyfuzji innowacji w obrębie danej gospodarki była jednym z czynników wyjaśniających zmiany efektywności tej gałęzi (wyrażanej najczęściej poprzez zmiany łącznej produktywności czynników produkcji – TFP).

W kontekście zastosowań modeli input-output w badaniach nad procesami dyfuzji innowacji warto także wspomnieć o macierzach przepływu innowacji (Düring, Schnalbal 2000; Leoncini, Montresor 2003; Świeczewska 2014). Na ich podstawie możliwe jest m.in. przeprowadzenie klasycznej analizy mnożnikowej nakładów na B+R, czyli wskazanie tych gałęzi gospodarki, które – poprzez wzrost popytu finalnego na ich produkty - w największym stopniu wpływają na wzrost potencjału innowacyjnego gospodarki.

5. Podsumowanie

Perspektywy rozwoju metod input-output w nadchodzących latach omawiają Dietzenbacher et al. (2013). Motywem przewodnim tego artykułu jest wiodąca rola modeli opisujących globalną gospodarkę w ramach schematu MRIO (Multi-regional Input-Output), co jest z pewnością wynikiem sukcesu projektu WIOD. W przewidywaniach wyraźnie przewija się także problem globalnych łańcuchów wartości. Przyszły rozwój metod input-output będzie szedł w kierunku budowy bardziej złożonych i kompletnych systemów globalnych, pełniejszego wykorzystania stochastycznego podejścia do modelowania oraz bardziej szczegółowej dezagregacji regionalnej. Trendy te w oczywisty sposób znajdują też przełożenie na modele zintegrowane i CGE.

Stworzenie WIOD, zunifikowanej, łatwo dostępnej bazy danych, stanowiło przełom w wykorzystaniu metod input-output i dało impuls do pojawienia się wielu interesujących publikacji. Sukces tego projektu z pewnością będzie zachętą do tworzenia bardziej szczegółowych i rozległych baz danych, co z kolei umożliwi rozwój badań empirycznych w kierunkach, które dotąd znajdowały się na poboczach głównych nurtów.

Literatura

- Almon C. (1991), *The INFORUM Approach to Interindustry Modeling*, Economic Systems Research, 3(1), 1–8.
- Balcerak A., Lipiński C., Przybyliński M., Plich M., Tomaszewicz Ł. (1997), *The Model IMPEC of the Polish Economy and the Use for the Analysis of Transformation Processes*, [w:] *Proceedings of the 3rd World INFORUM Conference (4–8 September 1995)*, Łódź, Poland, 83–102.
- Böhringer C., Löschel A., Moslener U., Rutherford T. F. (2009), *EU Climate Policy up to 2020: An Economic Impact Assessment*, Energy Economics, 31, 295–305.
- Boratyński J., Plich M., Przybyliński M. (2010), *Krótkookresowe efekty zmian cen energii w polskiej gospodarce*, Studia Prawno-Ekonomiczne, 82, 217–239.
- Brown M., Conrad, A.M. (1967), *The influence of research and education on CES production relations*, [w:] Brown M. (ed.), *The Theory and Empirical Analysis of Production*, New York: Columbia University Press.
- Bye B., Strøm B., Åvitsland T. (2012), *Welfare Effects of VAT Reforms: a General Equilibrium Analysis*, International Tax and Public Finance, 19(3), 368–392.
- Cambridge Econometrics (2014), *E3ME Technical Manual, Version 6.0*, http://www.camecon.com/Libraries/Downloadable_Files/E3ME_Manual.sflb.ashx, dostęp 15.11.2014.
- Chang S.B., Lai K.K., Chang S.M. (2009), *Exploring technology diffusion and classification of business methods: using the patent citation network*, Technological Forecasting & Social Change, 76, 107–117.

- Dietzenbacher E., Lenzen M., Los B., Guan D., Lahr M. L., Sancho F., Suh S., Yang C. (2013), *Input-Output Analysis: the Next 25 Years*, Economic Systems Research, 25(4), 369–389.
- Dixon P. B., Jorgenson D. (red.) (2013), *Handbook of Computable General Equilibrium Modeling*, Vol. 1A i 1B, North-Holland.
- Dixon P. B., Rimmer M. T. (2010), *Johansen's Contribution to CGE Modelling: Originator and Guiding Light for 50 Years*, Centre of Policy Studies/IMPACT Centre Working Papers, No. G-203, Victoria University, Centre of Policy Studies/IMPACT Project.
- Düring A., Schnabel C. (2000), *Imputed Interindustry Technology Flows: A Comparative SMFA Analysis*, Economic Systems Research, 12, 363–376.
- European Commission (2011), *Impact Assessment Accompanying Document to the Proposal for a Council Directive Amending Directive 2003/96/EC Restructuring the Community Framework for the Taxation of Energy Products and Electricity*, http://ec.europa.eu/taxation_customs/taxation/excise_duties/energy_products/legislation/index_en.htm, dostep 15.11.2014.
- Guan J., Chen Z. (2009), *The technological system of Chinese manufacturing industry: A sectoral approach*, China Economic Review, 20, 767–776.
- Goto, A., Suzuki, K. (1989), *R&D capital, rate of return on R&D investment and spillover of R&D in Japanese manufacturing industries*. Review of Economics and Statistics 71, 555–564.
- Haukness J., Knell M. (2009), *Embodied knowledge and sectoral linkages: An input-output approach to the interaction of high- and low-tech industries*. Research Policy, 38, 459–469.
- Higon D.A. (2007), *The impact of R&D spillovers on UK manufacturing TFP: A dynamic panel approach*. Research Policy, 36, 964–979.
- Johansen L. (1960), *A Multisectoral Study of Economic Growth*, Contributions to Economic Analysis 21, North-Holland.
- Johnson R.C. (2014), *Five Facts about Value-Added Exports and Implications for Macroeconomics and Trade Research*, Journal of Economic Perspectives, 28(2), 119–142.
- Jones, R. and H. Kierzkowski (2001), *A framework for fragmentation*, [w:] S. Arndt and H. Kierzkowski [red.], *Fragmentation: New Production Patterns in the World Economy*, New York: Oxford University Press, 17–34.
- Jorgenson D. W., Jin H., Slesnick D. T., Wilcoxon P. J. (2013), *An Econometric Approach to General Equilibrium Modeling*, [w:] Dixon P. B., Jorgenson D. W. (red.), *Handbook of Computable General Equilibrium Modeling*, Vol. 1B, 1133–1212.
- Jorgenson D. W., Yun K. Y. (2013), *Taxation, Efficiency and Economic Growth*, [w:] Dixon P. B., Jorgenson D. W. (red.), *Handbook of Computable General Equilibrium Modeling*, Vol. 1A, 659–741.
- Keller W. (2002), *Trade and Transmission of Technology*. Journal of Economic Growth, 7, 5–24.
- Koopman R., Z. Wang and S.J. Wei (2014), *Tracing Value-Added and Double Counting in Gross Exports*, American Economic Review, 104(2): 459–94.
- Leoncini R., Montresor S. (2003), *Technological systems and intersectoral innovation flows*, Edward Elgar Publishing.

- Marrocu E., Paci R., Usai S. (2011), *The complementary effects of proximity dimensions on knowledge spillovers*, Working Paper CRENoS, 21, November.
- Massini S. (1998), *Intersectoral flows of technology: an international comparison of technological specialization profiles*, Conference on The Economics of Science and Technology: Micro Foundations and Policy, held in Urbino. Referat dostępny na stronie <http://www.ifs.org.uk/>
- Miller R.E., Blair P.D. (2009), *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*, Cambridge University Press.
- OECD-WTO, Trade in value-added: concepts, methodologies and challenges, <http://www.oecd.org/sti/ind/49894138.pdf>
- Perali F., Pieroni L., Standardi G. (2012), *World Tariff Liberalization in Agriculture: An Assessment Using a Global CGE Trade Model for EU15 Regions*, Journal of Policy Modeling, 34(2), 155–180.
- Plich M. (2002), *Budowa i zastosowanie wielosektorowych modeli ekonomiczno-ekologicznych*, Wydawnictwo UŁ.
- Plich M. (2013), *Determinants of Modeling the Impact of Possible Shale Gas Extraction in Poland*, [w:] Bardazzi R., Ghezzi L. (red.), *Macroeconomic Modelling for Policy Analysis*, Firenze University Press, 245–265.
- Przybyliński M. (2012), *Metody i tablice przepływów międzygałęziowych w analizach handle zagranicznego Polski*, Wydawnictwo UŁ.
- Sakurai, N., Papaconstantinou, G., Ioannidis, E. (1997), *Impact of R&D and technology diffusion on productivity growth: empirical evidence for 10 OECD countries*, Economic System Research 9, 81–109.
- Schmookler J. (1966), *Invention and Economic Growth*. Harvard University Press, Cambridge MA.
- Schumpeter J.A. (1934), *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Świczewska I. (2014), *The externalities of enterprises' innovative activity – an input-output approach*, Folia Oeconomica Stetinensia, 13, 146–157.
- Świczewska I. Tomaszewicz Ł. (2012), *Rola innowacji w procesie wzrostu efektywności polskiej gospodarki. Ujęcie gałęziowe*, [w:] Jakimowicz A. [red.] *Modele i prognozy w ekonomii i finansach*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Ten Raa T., Wolff E. (2000), *Engines of growth in the US economy*, Structural Change and Economic Dynamics, 11, 473–489.
- Terleckyj N.J. (1974), *Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries: an Exploratory Study*, National Planning Association, Washington, DC.
- Timmer M.P., A.A. Erumban B. Los, R. Stehrer and G.J. de Vries (2014), *Slicing Up Global Value Chains*, Journal of Economic Perspectives, 28(2), 99–118.
- Timmer M. P. (red.) (2012), *The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods*, WIOD Working Paper No. 10, <http://www.wiod.org/publications/papers/wiod10.pdf>, dostęp 15.11.2014.
- Tomaszewicz Ł. (1983), *Zintegrowane modele gospodarki narodowej*, PWE, Warszawa.
- Tomaszewicz Ł. (1994), *Metody analizy input-output*, PWE, Warszawa.
- Tomaszewicz Ł. (2005), *Metody analizy input-output*, „Przegląd Statystyczny”, t. 52, s. 15–22.

- Verspagen, B. (1997), *Measuring intersectoral technology spillovers: estimates from the European and US patent office databases*, Economic System Research 9, 47–65.
- Wolff E. (1997), *Spillovers, linkages and technical change*, Economic Systems Research, 9, 9–24.
- Wolff E. (2011), *Spillovers, Linkages and Productivity Growth in the US Economy, 1958 to 2007*, NBER Working Paper, No 16864.
- Xing Y. and N. Detert (2010), *How the iPhone widens the United States trade deficit with the People's Republic of China*, ADBI Working Paper Series No. 257.

Jakub Boratyński, Michał Przybyliński, Iwona Świeczewska

THE INPUT-OUTPUT METHODS: SELECTED DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

Summary. The article presents a brief review of input-output theory and practice with special focus on areas which are considered by the authors as particularly relevant and having significant growth potential. These areas are: applications of input-output methods in simulation analyses of various aspects of macroeconomic development, estimation of trade flows in terms of global value chains and the analysis of innovation diffusion among sectors.

Keywords: input-output methods and their applications; trade in value added; innovations diffusion between sectors; computable general equilibrium.