

Stanisław CZAJA¹

INFORMACYJNE UWARUNKOWANIA WYKORZYSTANIA MODELI EKONOMICZNYCH W BADANIU RELACJI GOSPODARKA – ŚRODOWISKO PRZYRODNICZE (NA PRZYKŁADZIE MODELU FUNKCJI PRODUKCJI)

Streszczenie

W artykule autor przedstawił główne walory informacyjne i implementacyjne modeli społeczno-ekonomiczno-przyrodniczych. Zawierają one walory: opisowe, porządkujące, poznawcze, predykcyjne i decyzyjne. Jako obiekt wykorzystano model funkcji produkcji. Autor omówił także wybrane wyzwania informacyjne procesu modelowania. Dotyczą one między innymi:

- wykorzystywanych mierników (wskaźników);
- dostępnych zbiorów danych (czy informacji);
- postaci analitycznych modeli i ich estymacji;
- wykorzystania: poznawczego, predykcyjnego i decyzyjnego modeli.

Autor dokonał identyfikacji głównych barier informacyjnych modelowania społeczno-ekonomiczno-przyrodniczego.

Słowa kluczowe: modelowanie, modele społeczno-ekonomiczno-przyrodnicze, model funkcji produkcji, informacja

ROLE OF INFORMATION IN ECONOMIC MODELS USED FOR INVESTIGATING ECONOMY-ENVIRONMENT RELATIONSHIP (AS EXEMPLIFIED BY PRODUCTION FUNCTION MODEL)

Summary

The author lists the main advantages of the social-economic-natural models in terms of information and implementation. These advantages encompass descriptive, classificatory, cognitive, predictive, and decision benefits. The production function model is used as an object of the study. The author discusses selected informative challenges of the modelling process. They concern, among other things:

- used measures (coefficients),
- accessible data set (or information set),
- analytic forms of models and their estimation,
- cognitive, predictive and decisive application of models.

The author identifies the most serious informative barriers in social-economic-natural modelling.

Key words: modelling, social-economic-natural models, production function model, information

¹ Prof. dr hab. Stanisław Czaja – Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu; e-mail: stanislaw.czaja@ue.wroc.pl.

1. Wstęp. Walory informacyjne i implementacyjne modeli społeczno-ekonomiczno-przyrodniczych

Modelowanie należy do najbardziej podstawowych czynności w procesach poznania realizowanych w ekonomii. W jego efekcie są formułowane koncepcje oraz konkretne postaci modeli ekonomicznych oraz społeczno-ekonomiczno-przyrodniczych. Sposoby wizualizacji modeli są różne – od schematów obrazujących elementy strukturalne oraz relacje funkcjonalne, poprzez modele cybernetyczne opisujące przepływ strumieni pieniężnych i towarowo-usługowych, aż po modele matematyczne czy ekonometryczne, będące przybliżeniem ilościowych relacji występujących w gospodarce, procesach gospodarowania, rozwoju czy dystrybucji produktów.

Bez względu na sposób wizualizacji modeli społeczno-ekonomiczno-przyrodniczych, samo modelowanie jest bardzo ciekawym procesem projektowego manipulowania na zbiorach informacji. Wykorzystując znaczące zbiory opisujące rzeczywiste rozmiary obserwowanych zjawisk społeczno-ekonomicznych, poszukuje się ilościowych (czasami wyłącznie logicznych) relacji pomiędzy niektórymi z nich. Oznacza to redukcję tych zbiorów do postaci wyrażonych matematycznymi równaniami modeli ekonomicznych. Zbiory te służą kreacji nowych zbiorów związanych z procesami poznania, podejmowania decyzji oraz predykcji przebiegu zjawisk. W związku z powyższym, każdy model posiada odpowiednie walory informacyjne i implementacyjne. Można je zestawić w pięciu następujących grupach – jako walory opisowe (deskryptywne), walory porządkujące zbiory informacji (czy danych)², walory poznawcze (kognitywne), walory predykcyjne, silnie powiązane z wymiarem temporalnym oraz dynamiką, a także walory decyzyjne.

Pierwsza grupa dotyczy walorów opisowych, które pozwalają za pomocą modeli dokonać deskrypcji wybranego fragmentu rzeczywistości, w ujęciu: strukturalnym (obiekty), funkcjonalnym (mechanizmy), czasowym (procesy zachowania) oraz użytkowym (informacja i wiedza). Opis taki jest nie tylko wyrazem porządkowania pojęć w określonym języku, ale również usprawnienia komunikacji pomiędzy odbiorem jednego badacza a podobnymi problemami innych badaczy. Jednocześnie deskrypcja jest elementem procesów gromadzenia informacji użytecznych w realizowanych procesach poznania naukowego.

Modelowanie ekonomiczno-społeczno-przyrodnicze polega równocześnie na odpowiednim porządkowaniu zbiorów informacji (także danych), zarówno w procesie przygotowania, jak i estymacji (czy projektowania) konkretnych postaci modeli. Statystyczno-ekonometryczna obróbka zbiorów pozwala identyfikować potencjalny porządek w ich wnętrzu i pomiędzy nimi. W pierwszym przypadku oznacza sprawdzenie kompletności i precyzji opisu zjawisk, ich właściwą wymiarowość oraz adekwatność zbiorów danych. Drugi przypadek – potencjalnego porządku pomiędzy zjawiskami-zbiorami danych opisujących te zjawiska również oznacza formalno-matematyczną analizę tych zbiorów. Z uwagi na stronę metodyczną te walory modeli ekonomiczno-społeczno-

² Dane, informacje, wiedzę i mądrość autor traktuje zgodnie z kryteriami klasyfikującymi, przyjętymi w literaturze. Por.: [Becla, Czaja, Zielińska, 2010, s. 11].

przyrodniczych generują wszystkie wyzwania związane z użytecznością dostępnych zbiorów oraz wyborem formalnej postaci modelu.

Powyższe aspekty porządkujące łączą się bezpośrednio z walorami poznawczymi modeli ekonomiczno-społeczno-przyrodniczych. Dotyczą one identyfikacji relacji między zmiennymi zależnymi a niezależnymi, a także związków pomiędzy samymi zmiennymi niezależnymi. Dotyczą również charakteru tych relacji i charakteru samego modelowania. Za Hallem i Mosevichem można rozróżnić modelowanie preskryptywne oraz deskryptywne [Hall, Mosevich, 1988].

Podejście preskryptywne jest związane z tradycyjnym podejściem poznawczym do rzeczywistości. Natomiast fragmentacja i wybiórcze podejście do zjawiska (procesu) prowadzą do iteracyjnego uściślenia opisu. Podejście to apriorycznie ogranicza (determinuje) relacje między modelem a modelowanym obiektem. Szczególnie chętnie stosuje się je w ekonomii matematycznej.

Modelowanie deskryptywne jest podejściem oddolnym, koncentrującym się na odpowiednim stopniu integracji funkcjonalnej i wartości procesów (zjawisk). Punkt wyjścia stanowi badanie struktury i funkcji systemu oraz związków z otoczeniem. Podejście deskryptywne jest bardzo użyteczne w sytuacjach dużej złożoności i dynamiczności badanych (modelowanych) systemów-obiektów.

Podejście preskryptywne jest wykorzystywane przez zwolenników determinizmu mechanistyczno-redukcyjnego, zaś deskryptywne przy nieliniowym chaosie deterministycznym. Oba podejścia mają swoje walory i wady (ograniczenia). Modele mechanistyczno-redukcyjne są prostsze, łatwiejsze do konstruowania oraz weryfikacji, a nawet falsyfikacji. Jednak nie zawsze dość precyzyjnie odzwierciedlają rzeczywistą strukturę i relacje wewnątrz systemu-obiektu. Będą zatem znacznie bardziej użyteczne dydaktycznie i porządkująco, niż decyzyjne czy predykcyjne.

Modele oparte na chaosie deterministycznym są znacznie bardziej złożone formalnie, trudniejsze do weryfikacji (falsyfikacji), ale lepiej dopasowane do rzeczywistych trajektorii ewolucji obiektów. To podnosi ich walory decyzyjne i predykcyjne. Ich częstym ograniczeniem jest brak jednoznacznej postaci formalno-matematycznej (wiodących funkcji), co z drugiej strony redukuje praktyczną użyteczność.

Walory predykcyjne eksponują wymiar temporalny modelu, a to oznacza nie tylko zdolność przewidywania przyszłego przebiegu zjawiska (procesu), lecz także dynamicznego funkcjonowania poszczególnych elementów systemu i relacji pomiędzy nimi. Walory predykcyjne wynikają bezpośrednio z poprawności oraz dokładności rozpoznania i opisu relacji pomiędzy badanymi obiektami (zjawiskami), jak również z zachowaniem warunków przyczynowo-skutkowych w prognozowanym horyzoncie czasu.

Dotychczasowe doświadczenia modelowania ekonomiczno-społeczno-przyrodniczego pokazują, że walory predykcyjne tej klasy modeli są mocno zredukowane. Wynika to między innymi:

- z niedoskonałości ludzkiej wiedzy w zakresie funkcjonowania i ewolucji megasystemów gospodarka-społeczeństwo-środowisko przyrodnicze;
- z bardzo dużej zmienności (dynamiczności) samych modelowanych systemów-obiektów oraz ich otoczenia;

- ze słabości (ograniczoności) metod modelowania, zwłaszcza w zakresie modeli prognostycznych;
- ze zbyt długiego horyzontu prognozowania, co bardzo rozszerza przedział ufności prognozy i ogranicza prawdopodobieństwo jej trafności.

Nie oznacza to, że tego typu prognozy są nieużyteczne, bowiem nie tracą one walorów scenariuszowego opisu obiektów.

Walory decyzyjne modeli ekonomiczno-społeczno-przyrodniczych mają szczególne znaczenie dla przygotowywanych i wykorzystywanych polityk ekologicznych oraz strategii zrównoważonego i trwałego rozwoju.

Celem poniższego opracowania jest identyfikacja podstawowych, informacyjnych uwarunkowań wykorzystania modeli ekonomicznych w badaniu relacji gospodarka – środowisko przyrodnicze. Obiektem studiów jest bardzo popularny model funkcji produkcji, o szerokich zastosowaniach i ponad stuletniej tradycji wykorzystywania. Jednak rozważania autora mają nieco szerszy kontekst. Dotyczy to przede wszystkim identyfikacji różnych źródeł ograniczeń informacyjnych w zakresie, wspomnianych już, pięciu funkcji modelowania i modeli społeczno-gospodarczych, którą zaprezentowano w trzeciej części opracowania.

2. Powstanie i ewolucja modeli funkcji produkcji

Model funkcji produkcji opisuje zależności występujące między efektem produkcyjnym a nakładami czynników produkcji oraz pomiędzy samymi nakładami tych czynników. Idea modelowania takich relacji pojawiła się na przełomie XIX i XX wieku, w trakcie dyskusji nad możliwościami modelowania relacji ekonomicznych, toczącej się w ramach nurtu subiektywno-marginalistycznego pomiędzy przedstawicielami szkoły neoklasycznej (F. Edgeworth i P. Wicksteed) i szkoły szwedzkiej (K. Wicksell). Początkowo, wspomniany model, przyjął postać werbalnego opisu relacji produkcyjnych, a dyskusja koncentrowała się na możliwościach oraz warunkach zbudowania i wykorzystania takich modeli.

Pierwsze próby empirycznej weryfikacji idei funkcji produkcji miały miejsce w latach dwudziestych XX stulecia i zostały podjęte przez P. Douglasa i Ch. Cobba [Cobb, Douglas, 1928]. W ich efekcie powstała najbardziej znana klasa modeli funkcji produkcji – funkcje typu Cobb-Douglasa. Są to funkcje mikro- i makroekonomiczne, o multiplikatywnym charakterze zależności i potęgowej postaci relacji matematycznej. Funkcja typu Cobb-Douglasa jest najpopularniejszą w literaturze ekonomiczno-ekonometrycznej formułą analityczną funkcji produkcji. W swojej podstawowej postaci funkcja produkcji typu Cobba-Douglasa wyraża nieliniową zależność między produktem Q a nakładami poszczególnych czynników produkcji (kapitału K i pracy L):

$$Q = f(K, L) = AK^\varepsilon L^\mu, \text{ gdzie: } \varepsilon, \mu, A > 0.$$

Wzrost ilości jednego czynnika, przy nie zmienionej ilości pozostałego czynnika (lub czynników), nie prowadzi do proporcjonalnego wzrostu dochodu narodowego (produktu), ponieważ spada krańcowa produktywność tego czynnika, którego zużycie rośnie.

Nie ma określonego pułapu wzrostu dochodu (produktu), ale tempo jego wzrostu jest malejące przy rosnących nakładach czynnika. Nie ma jednocześnie możliwości wytwarzania produktu za pomocą tylko jednego czynnika produkcji.

Późniejsze doświadczenia, dotyczące praktycznego wykorzystania tej klasy funkcji produkcji, pokazały, że opisuje ona związki między produktem a nakładami czynników produkcji względnie precyzyjnie oraz posiada wiele walorów w stosunku do innych klas tego typu modeli.

Ewolucja modeli funkcji produkcji w drugiej połowie XX wieku skupiła się na kilku istotnych kierunkach, a zwłaszcza:

- wprowadzaniu nowych klas i typów modeli funkcji produkcji, opartych na nowych postaciach analitycznych;
- włączaniu do istniejących typów modeli funkcji produkcji nowych zmiennych niezależnych, obejmujących nowe grupy czynników produkcji, w tym zasoby przyrodnicze;
- rozszerzaniu zakresu zastosowania modeli funkcji produkcji, między innymi do badania procesów wzrostu gospodarczego i określania determinant zrównoważonego oraz trwałego rozwoju;
- nowych sposobach interpretacji parametrów estymowanych i wykorzystywanych modeli funkcji produkcji;
- doskonaleniu sposobów opisu zjawisk modelowanych przez poszczególne klasy i typy funkcji produkcji.

Wprowadzenie nowych klas i typów modeli funkcji produkcji dotyczyło między innymi funkcji CES, funkcji VES oraz funkcji mikro- i makroekonomicznych, funkcji zagregowanych czy zdezagregowanych. Tego typu analizy pozwoliły lepiej sprawdzić walory i ograniczenia funkcji produkcji i w pewnym zakresie rozszerzyć próby ich praktycznego zastosowania. W przypadku funkcji CES lub VES było to związane z zakresem istnienia i sposobami rozumienia zjawiska substytucyjności czynników produkcji. Funkcje typu Cobb-Douglasa opierały się na założeniu, że stopa substytucji jest stała i wynosi jeden, zaś funkcje klasy CES nie znosiły założenia stałości tej stopy, chociaż rozszerzały zakres wartości. Funkcje VES w ogóle odchodziły od założenia stałości stopy substytucji.

Natomiast wyodrębnienie modeli funkcji produkcji mikro- i makroekonomicznych doprowadziło do rozdzielenia tych dwóch odmiennych perspektyw analitycznych. Sama funkcja typu Cobb-Douglasa znalazła również zastosowanie w analizie mikroekonomicznej [Reder, 1943; Bronfenbrenner, 1944]. Jednocześnie dla klasy funkcji mikroekonomicznych zredukowano problem homogeniczności czynników produkcji uwzględniających w funkcjach produkcji.

Jeżeli chodzi o modele makroekonomiczne, problem ten rozwinął się w postaci jednej z najciekawszych dyskusji ekonomicznych XX stulecia – tzw. sporu wokół teorii kapitału [Harcourt, 1975; Osiatyński, 1978]. Dyskusja ta pozwoliła nie tylko dostrzec wiele nowych wyzwań modelowania ekonomicznego, ale także zasadniczo pogłębić rozumienie podstawowych pojęć nauki ekonomii i rozszerzyć interpretacje parametrów wyestymowanych modeli produkcji, kosztów czy wzrostu gospodarczego. Taki był między innymi efekt sformułowania następujących zagadnień: (1) problem mierzenia kapitału czy (2)

problem przeskoku i podwójnego przełączenia, znanego także pod nazwą realnych i cenowych efektów Wicksella.

Jednocześnie w jej ramach podjęto bardzo ciekawe zagadnienie agregacji mikroekonomicznych funkcji produkcji w funkcje makroekonomiczne. Zagadnienie to okazało się niezwykle trudne zarówno, jeśli chodzi o stronę formalno-matematyczną, jak i poznawczą (interpretacyjną). Bowiem agregacja po punktach jest możliwa, ale wymagane warunki nie są spełnione przez funkcje produkcji opisujące procesy wytwarzania na poziomie mikroekonomicznym. Oznacza to sytuację, w której nie da się sprowadzić pojedynczych procesów kreacji (w gospodarce i środowisku przyrodniczym) do makroprocesu. Zasady redukcjonizmu – użyteczne w opisie statystycznym – nie są możliwe do wykorzystania. Ogranicza to również możliwości udowodnienia istnienia synergicznych efektów skali.

Drugi kierunek ewolucji modeli funkcji produkcji wiąże się z włączeniem do istniejących typów modeli nowych zmiennych niezależnych, obejmujących nowe grupy czynników produkcji, w tym zasoby przyrodnicze. Funkcja produkcji typu Cobba-Douglasa stała się w latach trzydziestych przedmiotem licznych opracowań krytycznych, za sprawą których wprowadzono do niej trzeci czynnik produkcji – ziemię. Z badań wynikało bowiem, że ważona suma stóp wzrostu ilości pracy i kapitału była często niższa niż rzeczywiste tempo wzrostu dochodu narodowego (produktu). Nie wiadomo było, czemu należy przypisać tę nadwyżkę, wobec tego uwzględniano jeszcze ziemię. Jednym z pierwszych takich modeli była funkcja produkcji Edelberga [Edelberg, 1936]. Ten kierunek zmian nie odegrał jednak dominującej roli w rozwoju koncepcji funkcji produkcji. Dołączanie do tradycyjnego modelu funkcji produkcji dodatkowych czynników nie tylko nie rozwiązywało dotychczasowych problemów metodycznych czy poznawczych, lecz tworzyło często nowe wyzwania obrachunkowe. Przykładem może być funkcja produkcji D. Collandera o postaci:

$$Q = f(K, L, C),$$

gdzie: Q to produkt, K kapitał, L praca, natomiast C – koordynacja. Ten ostatni element nie posiada we współczesnych naukach społecznych konkretnej ilościowej (jako miernik) postaci zmiennej objaśniającej. Brak mu również opracowanych algorytmów obliczania jego rozmiarów i wpływu na wielkość produktu.

Właściwa modyfikacja funkcji produkcji została dokonana na dwóch płaszczyznach. Pierwsza łączyła się z odstępianiem od warunku, że suma współczynników elastyczności równa się jedności, co oznacza rezygnację z przesłanki stałej efektywności niezależnie od skali produkcji. Druga płaszczyzna polegała na uwzględnieniu wpływu postępu technicznego w postaci samodzielnego czynnika (trzeciej zmiennej niezależnej). Dlatego wprowadzono do funkcji produkcji czynnik czasu. Ma on odzwierciedlać proces przesunięcia statycznej funkcji produkcji na nowy poziom pod wpływem kompleksu zmian jakościowych, nazywanych postępem technicznym. Formalnie w ramy funkcji typu Cobb-Douglasa nieucieleśniony postęp techniczny jako pierwszy włączył J. Tinbergen [Tinbergen, 1942]. Funkcja przyjęła postać:

$$Q = AK^\alpha L^{1-\alpha} e^{\xi t},$$

gdzie: $e^{\xi t}$ jest czynnikiem czasu, odzwierciedlającym nieucieleśniony postęp techniczny. Precyzyjniej, $e^{\xi t}$ nie tyle jest czynnikiem czasu, ile elementem wyrażającym dokonujące się w czasie przesunięcie funkcji produkcji, wynikające z nieucieleśnionego a zarazem egzogenicznego postępu technicznego. Właściwą stopą postępu technicznego jest ξ , przy czym powyższy zapis implikuje niezmiennosc ξ w czasie. Symbol e oznacza podstawę logarytmu naturalnego, t – czas.

Z jednej strony nieucieleśniony postęp techniczny wiąże się z założeniami pełnej homogeniczności czynników produkcji i nieograniczonej substytucji (*ex ante* i *ex post*) między pracą a kapitałem, z drugiej studia empiryczne oparte na koncepcji nieucieleśnionego postępu technicznego wykazały bardzo wysoki udział tego czynnika we wzroście gospodarczym (co *nota bene* odpowiadało neoklasycznej interpretacji roli postępu technicznego we współczesnej gospodarce), przy relatywnie małym znaczeniu czynników tradycyjnych – pracy i kapitału, stąd model funkcji produkcji typu Cobba-Douglasa z nieucieleśnionym postępu technicznym spotkał się z krytycznym przyjęciem we współczesnej ekonomii, częściowo neoklasycznej, a przede wszystkim postkeynesowskiej. Zwrócono w niej uwagę zarówno na konieczność precyzyjniejszego mierzenia nakładów pracy i kapitału (szczególnie w analizie długookresowej), jak i potrzebę ponownej analizy roli kapitału i pracy w procesach wzrostu gospodarczego. W krótkim okresie wzrost wydajności oraz oszczędność nakładów mogą być osiągnięte bez nowych inwestycji, dzięki racjonalizacji w zarządzaniu i organizacji produkcji czy bezinwestycyjnym udoskonaleniom technicznym. Poważniejsze przemiany techniczne i technologiczne łączą się z nowymi inwestycjami, będącymi nośnikami postępu technicznego. Solow, którego pierwsze analizy wykorzystywały koncepcję postępu nieucieleśnionego, zauważył jego ograniczoność, pisząc: *Nie oznacza to oczywiście, że obserwowane tempo postępu technicznego wystąpiłoby nawet wówczas, gdyby tempo wzrostu inwestycji było nieznaczące bądź spadłoby do zera. Jak się wydaje, większość, a być może nawet wszystkie innowacje, aby mogły być zrealizowane, powinny być ucieleśnione w nowych urządzeniach i budowlach* [Solow, 1957, s. 312-320]. Za sprawą uwag krytycznych badacze analizowali i opracowywali metody obliczania wpływu postępu technicznego o charakterze ucieleśnionym (*embodied*). Podstawowe znaczenie metodologiczne w tym zakresie analizy miała praca R. Solowa z 1962 roku [Solow, 1962]³. Nowe ujęcie funkcji produkcji (typu Cobba-Douglasa) skonstruował R. Solow, wychodząc z założenia, że *nowa technologia może być wdrożona do procesu produkcyjnego tylko za pomocą globalnych inwestycji w nowe budowle i urządzenia* [Solow, 1962]. Specyfika zmodyfikowanej funkcji produkcji polegała na zastosowaniu specjalnej metody obliczania wielkości zapasu kapitału. Oblicza się ją, uwzględniając założenie, że każda następna generacja (*vintage*) inwestycji jest bardziej produkcyjna od poprzedniej. Postęp techniczny nie wymaga oddzielnego odzwierciedlenia, ponieważ został wprowadzony do wskaźnika wzrostu samego kapitału. Modele rocznikowe implikują wiele problemów teoretycznych i empirycznych. Wpływają one na znacznie mniejszą popularność tego typu modeli w analizach

³ Należy w tym momencie również docenić znaczenie prac L. Johansena, W. Saltera i innych. Jednak dorobek R. Solowa w zakresie badania znaczenia postępu technicznego we współczesnym wzroście gospodarczym znalazł największe uznanie, jakim było przyznaniem mu Nagrody Nobla w 1987 roku.

empirycznych. Uzyskiwane przy ich pomocy wyniki również wzbudzają liczne zastrzeżenia i kontrowersje.

Lata sześćdziesiąte i siedemdziesiąte XX wieku przyniosły próby estymacji modeli funkcji produkcji z kolejnymi grupami czynników produkcji – energią, zasobami przyrodniczymi, odnawialnymi i nieodnawialnymi, a także kapitałem ludzkim, informacją czy pojemnością asymilacyjną środowiska przyrodniczego. Tego rodzaju próby można uznać za rozwój „wszerz” modelowania z wykorzystaniem funkcji produkcji. Nie zmieniały one zasadniczo ani samej formalno-analitycznej postaci funkcji produkcji (wyluczając zwiększenie liczby zmiennych objaśniających), ani sposobów interpretacji wyestymowanych parametrów bądź otrzymanych wyników.

Wiele kontrowersji wywołuje interpretacja parametrów funkcji typu Cobba-Douglasa. Analiza struktury funkcji typu Cobba-Douglasa wskazuje, że treść stałej A jest bardzo złożona i wobec tego trudno nadać jej określoną interpretację ekonomiczną. Współczynnik ten, z jednej strony można potraktować jako pewien mnożnik wyrażający strukturę efektywności dawniej dokonanych inwestycji. Parametr A można także zinterpretować nieco inaczej. Spełnia on w funkcji dwojaką rolę. Po pierwsze, doprowadza do porównywalności zastosowane czynniki produkcji i produkt; po drugie, odzwierciedla wpływ na produkt niezidentyfikowanych, to jest nieuwzględnionych w modelu, czynników produkcji i zmieniających się warunków produkcji.

Trudności w zakresie interpretacji parametru A zmuszają badaczy do poszukiwań innych ujęć problemu. Jak wcześniej wspomniano, Ch. Cobb, manipulując jednostkami miary, wyeliminował parametr A z funkcji produkcji, co nie okazało się właściwe. Kornai, konstruując swoją rozszerzoną funkcję produkcji (w wersji J. Tinbergen), połączył parametr A ze zmienną opisującą nieucieleśniony postęp techniczny [Kornai, 1969, s. 97-98]. Wykładnik organizacyjno-techniczny – jak J. Kornai nazywał otrzymaną wielkość $Ae^{\xi t}$ – odzwierciedla jakościową stronę postępu technicznego (wzrost jakości i poziomu wyposażenia technicznego czy jego obsługi), a także rozwoju cywilizacji⁴. Ilościowa strona postępu technicznego jest wyrażana przede wszystkim przez współczynnik technicznego uzbrojenia pracy. Oczywiście, obie strony postępu technicznego nie występują w izolacji. Kornai, świadomy doświadczeń wielu badaczy (np.: J. Tinbergen czy R. Solowa), uważa, że utożsamienie wielkości $Ae^{\xi t}$ (czy ściślej jej wzrost) z postępem technicznym jest pewnym uproszczeniem.

W parametrze A zawierają się zarówno wpływy jednostek miar stosowanych do poszczególnych czynników produkcji, wielowymiarowości funkcji produkcji, nieuwzględniania analizy wymiarowej podczas konstrukcji i interpretacji modelu, niedoskonałości metod estymacji parametrów, jak i niedoskonałości dopasowania w funkcji wieloczynnikowej rzeczywistych nakładów produkcji do wielkości produktu. To, z kolei, implikuje uwzględnianie w wielkości A wpływu innych czynników produkcji (w tym również czynników trudno- lub niemierzalnych), których nie brano pod uwagę. Pro-

⁴ W wyrażeniu $Ae^{\xi t}$, poza parametrem A , Kornai umieścił podstawę logarytmu naturalnego e , czynnik czasu t oraz niezmienną w czasie stopę postępu techniczno-organizacyjnego ξ o charakterze nieucieleśnionym, co przybliża to podejście do koncepcji J. Tinbergen.

blemy interpretacyjne parametru A będą istnieć tak długo, dopóki nie zostaną wypracowane metody dokładnego dopasowania nakładów czynników produkcji do wielkości produktu, co ze względu na statystyczny charakter opisywanych zależności, wydaje się bardzo trudne do realizacji. Niedogodności te mogłyby zostać przezwyciężone także wówczas, gdyby zostały stworzone metody umożliwiające precyzyjną analizę wewnętrznej struktury parametru A i całej funkcji produkcji.

Kolejny kierunek ewolucji modeli funkcji produkcji dotyczy podejmowania prób ich zastosowania do badania nowych problemów społeczno-ekonomicznych. Pierwotnie funkcja produkcji służyła identyfikacji związków pomiędzy produktem a nakładami fizycznych wolumenów czynników produkcji. Jednak szybko pojawiły się modyfikacje wartościowe, w których zarówno efekty produkcyjne, jak i nakłady czynników były ujmowane w jednostkach pieniężnych.

Fizyczne bądź wartościowe ujęcie produktu i czynników produkcji pozwoliło w dalszej kolejności potraktować je jako mierniki wzrostu gospodarczego oraz determinant tego wzrostu. W ten sposób modele funkcji produkcji stały się podstawą oceny możliwości wzrostu (rozwoju) gospodarczego czy warunków utrzymania pożądanego jego proporcji. Ponadto, modele te okazały się dobrym punktem wyjścia do określenia poprawnych, z punktu widzenia marginalnej teorii podziału, proporcji podziału osiągniętego produktu pomiędzy właścicielami czynników wytwórczych, partycypujących w procesie wzrostu gospodarczego.

Ten kierunek ewolucji ma szczególne znaczenie dla procesu włączania zasobów środowiska przyrodniczego do analizy wzrostu gospodarczego ekologicznie uwarunkowanego [Krelle, 1985; Czaja, Fiedor, Jakubczyk, 1993]. Dotyczy to zarówno neoklasycznej teorii ekologicznie uwarunkowanego wzrostu gospodarczego [Czaja, Fiedor, Jakubczyk, 1993], keynesowskich modeli ekologicznie uwarunkowanego wzrostu gospodarczego [Czaja, Fiedor, Jakubczyk, 1993], a także modeli wzrostu optymalnego [Czaja, Fiedor, Jakubczyk, 1993]. Modele oparte na funkcji produkcji znalazły również zastosowanie w badaniu optymalnego wykorzystania zasobów naturalnych w procesie wzrostu gospodarczego, zarówno zasobów nieodnawialnych, jak i odnawialnych [Czaja, Fiedor, Jakubczyk, 1993].

Funkcja typu Cobb-Douglasa jest najstarszą, a jednocześnie najczęściej wykorzystywaną postacią analityczną wśród modeli funkcji produkcji. Wynika to z wielu przyczyn. Po pierwsze, ten typ funkcji odzwierciedla i zachowuje podstawowe założenia ekonomii neoklasycznej, pozwalając jednocześnie opisać proces produkcji i podziału. Po drugie, postać i własności funkcji uwzględniają nieliniowość procesów gospodarczych, przybliżając modelowy opis do rzeczywistego charakteru zjawisk ekonomicznych. Po trzecie, możliwość prostej linearyzacji (postać logarytmiczna) ułatwia jej ekonometryczną obróbkę i interpretację formalną. Po czwarte, szeroki wachlarz odmian analitycznych i uzupełniających przekształceń zwiększa płaszczyznę interpretacji otrzymanych wyników oraz możliwości zastosowania funkcji produkcji w analizie zjawisk ekonomicznych, co znalazło szczególny wyraz we współczesnej neoklasycznej teorii wzrostu gospodarczego. Funkcja produkcji przekształciła się z narzędzia analizującego dotychczasowy przebieg procesów produkcji i podziału w narzędzie prognozowania i programowania ekonomicznego.

Funkcja produkcji typu Cobba-Douglasa, pomimo szerokiego zastosowania we współczesnej ekonomii, wzbudza wiele kontrowersji, wynikających zarówno z analitycznych właściwości tego typu funkcji, jak i sposobów interpretacji otrzymywanych wyników, a także samych metod empirycznych weryfikacji modelu funkcji produkcji. Krytyka funkcji produkcji, nie tylko typu Cobba-Douglasa, wpłynęła na poszukiwania dokładniejszych metod szacunków jej parametrów i bardziej adekwatnych do gospodarczej rzeczywistości form funkcji. Doprowadziła również do ograniczenia zakresu interpretacji wyników. Część krytyków uważa, że zbyt często próbuje się wykorzystać funkcje produkcji do celów, dla których nie została ona skonstruowana. Najczęściej chodzi tu o stosowanie funkcji produkcji w teorii podziału. Ich zdaniem, makroekonomiczna funkcja produkcji, jak każde narzędzie analizy makroekonomicznej, dostarcza jedynie ogólnych wyobrażeń o relacjach zachodzących w skali gospodarki narodowej i roli zagregowanych czynników produkcji. Dodatkowe zastrzeżenia wywołują empiryczne próby weryfikacji funkcji produkcji. Model ten, poza walorami dydaktycznymi, będzie nadal intrygowal swoimi własnościami poznawczymi i wzbudzał szerokie zainteresowanie.

3. Wybrane informacyjne wyzwania modelowania z wykorzystaniem funkcji produkcji

Modelowanie z wykorzystaniem funkcji produkcji, podobnie jak w przypadku innych klas modeli ekonomicznych i społecznych, generuje wiele problemów natury informacyjnej. Nie jest to zaskakujące, ponieważ samo modelowanie jest w istocie procesem informacyjnym. Modele społeczno-ekonomiczno-przyrodnicze powstają jako efekt intelektualnej „obróbki” zbiorów danych zgromadzonych wcześniej w konsekwencji obserwacji obiektów badań, którymi mogą być cechy (atrybuty), zjawiska czy dynamiczne procesy. Do najważniejszych problemów informacyjnych w modelowaniu należą:

- problemy związane z wykorzystaniem wskaźników opisujących modelowany obiekt-system;
- problemy dotyczące posiadanych zbiorów danych, ich uporządkowania logicznego oraz statystyczno-ekonometrycznego;
- wyzwania łączące się z określeniem postaci analitycznych modelu i ich estymacją oraz interpretacją;
- problemy wiążące się z wykorzystaniem modelu w celach: poznawczych, predykcyjnych oraz decyzyjnych.

Pierwsza grupa informacyjnych wyzwań modelowania z wykorzystaniem funkcji produkcji dotyczy tworzenia i posługiwania się wskaźnikami o różnym charakterze. Każdy wskaźnik można przedstawić w formie pięciu wyznaczników – obiektu, cechy mierzonej, jednostki pomiaru, czasu pomiaru oraz sposobu pomiaru. Obiekt to często złożone zjawisko określone mianem rozwoju ekonomiczno-społecznego, zrównoważonego i trwałego rozwoju, dobrobytu ekonomicznego czy jakości życia. Wymaga opisu za pomocą cech, najczęściej wielu. Cechy te powinny oddawać istotę charakteryzowanego obiektu (zjawiska). Jak pokazuje dorobek ekonomii dobrobytu, najlepiej,

aby liczba cech była optymalna. Postulat ten jednak wymaga określenia kryteriów optymalności. Tymczasem to już znacznie trudniejsze teoretycznie zadanie⁵.

Jednocześnie trzeba określić sposób pomiaru cech i całego zjawiska oraz jednostki pomiaru. Analiza wymiarowa należy do słabszych stron badań ekonomicznych. W przeciwieństwie do fizyki czy chemii, w ekonomii jednostki miary są traktowane drugorzędnie. Multiplikatywna funkcja produkcji typu Cobba-Douglasa nie powinna dać finalnego produktu w sztukach, jeżeli po drugiej stronie równania występują niejednorodnie (nieporównywalne) sztuki, czy też produktu w jednostkach pieniężnych, jeśli po drugiej stronie równania jednostki te są w n -tej potęgze, w zależności od liczby rodzajów czynników produkcji.

Nie bez znaczenia jest również czas dokonania pomiaru, ponieważ zjawiska gospodarcze są znacznie silniej osadzone w czasie niż zjawiska fizyczne bądź chemiczne [Czaja, 2011]. W ich przypadku rolę taką odgrywa entropijna strzałka czasu [Czaja, 1997].

Otrzymany wskaźnik jest szczególnie uzależniony od sposobu jego uzyskania. Występuje tu cała grupa zagrożeń związanych z zakresem pokrycia informacyjnego problemu przez wskaźnik. Pokrycie informacyjne problemu badawczego przez wykorzystywany wskaźnik (miernik) jest mało rozpoznany, chociaż bardzo interesującym zagadnieniem nie tylko o charakterze metodologiczno-metodycznym, ale wręcz posiadającym wymiar teoriopoznawczy. Jego analiza wykracza jednak poza ramy tego opracowania.

Otrzymany wskaźnik jest także powiązany ze sposobem prezentacji. Może mieć postać: pojedynczej prostej wielkości, zestawu powiązanych lub niepowiązanych pojedynczych wielkości, zestawu agregatów, pojedynczego, syntetycznego wskaźnika albo dowolnie miksowanych zestawów. Każda jego formuła wywołuje określone problemy, zwłaszcza z zakresu ujednoczenia (homogenizacji, standaryzacji lub unifikacji) danych oraz ich agregacji. Wyjątkowo trudna, nawet formalnie, jest agregacja danych przyjmujących postać funkcji. Wystarczy spojrzeć na propozycje współczesnej ekonometrii, głównie modele: R. Solowa, L. Kleina i H. Theila.

Sposób interpretacji wskaźnika wymaga rozbudowanej wiedzy o zjawisku. Powyższe zjawiska są dobrą egzemplifikacją złożoności kwestii interpretacyjnych, a dokumentująca je literatura bardzo bogata⁶.

Jeszcze innym wyzwaniem pozostaje sposób wykorzystania otrzymanego wskaźnika. W przypadku wskaźników opisujących te zjawiska mogą być one używane do ich destrukcji w czasie i przestrzeni, do poznania (zrozumienia) ich istoty, a także do porównań międzynarodowych i intertemporalnych albo realizacji odpowiedniej polityki gospodarczej.

Porządkowanie logiczne dostępnych zbiorów danych jest kolejnym, istotnym wyzwaniem informacyjnym modelowania ekonomiczno-społeczno-przyrodniczego z wykorzystaniem funkcji produkcji. Odbywa się ono przede wszystkim przy wykorzystaniu narzędzi statystyki opisowej – zarówno w postaci: prezentacji materiału statystycznego,

⁵ Przy określaniu zakresu i sposobu pomiaru zjawiska pojawia się jeszcze jeden problem metodyczny, a nawet teoriopoznawczy – obowiązywanie lub nie zasady Heisenberga na mezopoziomie systemów społeczno-ekonomiczno-przyrodniczych. Szerzej na ten temat: [Czaja, 2014].

⁶ Jej bardzo dobry przegląd można znaleźć, w klasycznej już obecnie, pracy G. Harcourta [Harcourt, 1975]. W późniejszej literaturze trudno o podobnie wartościowy przegląd tych problemów.

opisowej charakterystyki rozkładu jednej zmiennej, analizy współzależności dwóch cech i analizy dynamiki zjawisk masowych, jak i porządkowania taksonomicznego i wielokryterialnego [Becla, Zielińska, 2003]. Mamy wiele sprawdzonych metod-technik-narzędzi w tym zakresie, które bardzo dobrze sprawdzają się, gdy badane obiekty (zjawiska, procesy) mają normalny rozkład reszt losowych, a wzajemne relacje są liniowe (a przynajmniej linearyzowane). Wiele zjawisk na styku gospodarka – społeczeństwo – środowisko przyrodnicze ma charakter nieliniowy, dlatego użyteczność tego typu metod – technik – narzędzi jest ograniczona, zwłaszcza przy badaniu korelacji czy dynamiki, a także przy porządkowaniu taksonomicznym bądź wielokryterialnym. To zmusza do poszukiwania innych, nowatorskich propozycji w tym zakresie.

Nieliniowość relacji jest również utrapieniem związanym z procedurami wyboru postaci analitycznych, wykorzystywanych modeli funkcji produkcji. Posługiwanie się modelami liniowymi lub linearyzowanymi (na przykład funkcją potęgową) może być w takiej sytuacji zbyt znaczącym uproszczeniem. Niestety, jak dowodzi rozwój teorii chaosu deterministycznego, modele nieliniowe sprawiają wiele problemów analitycznych oraz estymacyjnych. Najchętniej wykorzystywane metody estymacji opierają się przede wszystkim na różnych odmianach klasycznej metody najmniejszych kwadratów, która jest z istoty „liniowa”. Nie mamy wypracowanych, podobnie skutecznych, metod estymacji dla modeli nieliniowych. Zdecydowanie trudniej jest również interpretować otrzymane wyniki, zarówno ze względu na złożoność relacji, jak i niedostateczną wiedzę o badanych zjawiskach.

Modelowanie zjawisk (procesów) ekonomiczno-społeczno-przyrodniczych pozwala na rozszerzenie wiedzy, ale jednocześnie nasza wiedza nie jest dostatecznie rozległa oraz głęboka, aby otrzymane wyniki były zadowalająco powszechnie użyteczne. Dotyczy to użyteczności poznawczej, także predykcyjnej oraz decyzyjnej. Jak już wspomniano, modele społeczno-ekonomiczno-przyrodnicze oraz sam proces modelowania realizują kilka istotnych funkcji – opisową, porządkującą, poznawczą, predykcyjną oraz decyzyjną. Każda z nich generuje różne ograniczenia informacyjne i łączy się z nimi (tabela 1.). Rozpoznanie tych ograniczeń jest pierwszym krokiem w kierunku poszukiwania właściwych sposobów ich rozwiązywania. Należy przy tym pamiętać, że pewne sposoby będą miały bardziej uniwersalny charakter, obejmując szerszy zakres procesu modelowania i większą grupę modeli społeczno-ekonomiczno-przyrodniczych, natomiast inne będą odnosiły się do poszczególnych grup modeli czy wręcz pojedynczych modeli.

Każdy model ekonomiczny posiada swoje ograniczenia w zakresie **funkcji opisowej**. Związane są one, po pierwsze, z niedostatkami lub brakiem systemów pozyskiwania i gromadzenia określonych grup danych (czy informacji). Wiedza i pożądaný zakres analiz zjawisk społeczno-gospodarczych wychodzi często w zasadniczy sposób poza dane gromadzone zarówno w ramach mikroekonomicznych systemów gromadzenia informacji gospodarczo-księgowych, jak i makroekonomicznej statystyki społeczno-gospodarczej (GUS). Zmniejszenie tego ograniczenia będzie wymagać lepszego, jakościowego dostosowania systemów gromadzenia informacji społecznych i gospodarczych do istniejącej wiedzy oraz do potrzeb jej rozwoju.

TABELA 1.

Główne źródła ograniczeń informacyjnych modelowania i modeli społeczno- -ekonomiczno-przyrodniczych

Rola (funkcja) modelowania i modelu	Formy występujących źródeł ograniczeń modelowania i modeli społeczno-ekonomiczno-przyrodniczych
Funkcja opisowa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Brak systemów pozyskiwania i gromadzenia określonych grup danych – informacji. 2. Nieporównywalność przestrzenna i temporalna zgromadzonych zbiorów informacji (czy nawet danych). 3. Zmienność rodzajowa zbiorów danych związana z rozwojem nauki (wiedzy). 4. Wysokie koszty: pozyskiwania, gromadzenia i przetwarzania informacji.
Funkcja porządkująca	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niedostateczny, w stosunku do potrzeb, rozwój statystyczno-ekonometrycznych metod porządkowania zbiorów danych – informacji. 2. Nieostróżności znaczeniowa wielu podstawowych pojęć ekonomicznych (zasób, kapitał, model, koszt, instytucja) i ekonomiczno-ekologicznych (usługa środowiska, pojemność asymilacyjna środowiska). 3. Niejednoznaczne kryteria porządkowania danych – informacji (korzyść środowiskowa, walory środowiska).
Funkcja poznawcza	<ol style="list-style-type: none"> 1. Możliwości precyzyjnego rozpoznania i odwzorowania elementów strukturalnych i funkcjonalnych badanych obiektów – zjawisk – procesów. 2. Możliwości weryfikacji-falsyfikacji prawdziwości formułowanych hipotez czy tez. 3. Możliwości poprawnego formułowania problemów badawczych. 4. Ograniczenia poznawcze ludzkiego mózgu i odzwierciedlenia w nim otaczającej rzeczywistości. 5. Ograniczenia kulturowo-ideologiczne i aksjologiczne procesów poznania.
Funkcja predykcjna	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niedostateczność poziomu zaufania do myślenia modelowego, w tym scenariuszowego, wśród decydentów. 2. Koszty i nakłady czasu przygotowania modeli rosnące wraz z podnoszeniem poziomu precyzyjności modelowania. 3. Nieakceptowalny poziom ryzyka wykonawczego (decyzyjnego), jakim są obciążone modele. 4. Zakres stosowania modeli do podejmowania decyzji oraz możliwość popełnienia błędów „marnotrawstwa” lub błędów „nadużycia”.
Funkcja decyzyjna	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niedostateczny poziom zaufania do myślenia modelowego, w tym scenariuszowego, wśród decydentów. 2. Koszty i nakłady czasu przygotowania modeli rosnące wraz z podnoszeniem poziomu precyzyjności modelowania. 3. Nieakceptowalny poziom ryzyka wykonawczego (decyzyjnego), jakim są obciążone modele. 4. Zakres stosowania modeli do podejmowania decyzji oraz możliwość popełnienia błędów „marnotrawstwa” lub błędów „nadużycia”.

Źródło: opracowanie własne.

Inne ograniczenie modeli ekonomiczno-społecznych, dotyczące funkcji opisowej, wynika ze zjawiska nieporównywalności przestrzennej i temporalnej zgromadzonych zbiorów informacji czy nawet danych. Zespoły badawcze gromadzą odpowiednie dane i informacje, stosując różne metodyki postępowania, zróżnicowane definicje i mierniki (wskaźniki). Różnie także klasyfikują poszczególne zdarzenia (zjawiska czy procesy) gospodarcze i społeczne. W przeciwieństwie do matematyki, która niezwykle precyzyjnie definiuje używane pojęcia, czy fizyki stosującej rygorystyczną analizę wymiarową (jednostki miary), ekonomia nie wyróżnia się szczególnie pozytywnie ani w jednym, ani w drugim aspekcie.

Dodatkowe ograniczenia funkcji opisowej modeli społeczno-ekonomicznych wynikają z procesu rozwoju nauki (wiedzy), który generuje zmienność rodzajową pożądaných zbiorów danych, technik ich pozyskiwania oraz przetwarzania w zbiory informacji. Rozwijająca się nauka tworzy nowe wymagania metodyczno-metodologiczne.

Nie bez znaczenia są również wysokie koszty: pozyskiwania, gromadzenia i przetwarzania informacji (danych). Im model społeczno-gospodarczy wymaga bardziej zaawansowanej czy precyzyjnej informacji, tym bardziej zindywidualizowane są algorytmy jej pozyskiwania i gwałtowniej rosną koszty tych przedsięwzięć. Bariera kosztowa jest w wielu przypadkach najistotniejszą determinantą, określającą zakres stosowania modelowania oraz rozmiary popytu na same modele ekonomiczno-społeczno-przyrodnicze. Wymagania w stosunku do modeli są coraz wyższe, natomiast możliwości finansowe realizacji takich badań niedostatecznie duże. Prowadzi to w konsekwencji do rezygnacji z badań empirycznych lub poszukiwania tańszych technik pozyskiwania danych (bądź informacji). Nie dziwi zatem na przykład swoisty „wysyp” prac naukowych, opartych na mało wiarygodnych badaniach ankietowych.

Druga grupa ograniczeń modelowania społeczno-gospodarczego jest związana z **funkcją porządkującą**, odgrywaną przez modele i proces modelowania. Pierwsze źródło w tym zakresie wynika z niedostatecznego, w stosunku do potrzeb, rozwoju statystyczno-ekonometrycznych metod porządkowania zbiorów danych (także informacji). Dotyczy to zarówno problemu kryteriów klasyfikacji obiektów i ich cech, co jest trudnością od początku rozwoju taksonometrii, jak i technik porządkowania statystycznego danych, opisujących na przykład zjawiska trudno mierzalne (problem rangowania) czy związki nieliniowe (problem korelacji).

Źródłem ograniczeń związanych z funkcją porządkującą modeli (procesu modelowania) jest również nieostrość wielu podstawowych pojęć ekonomicznych (takich jak: zasoby ekonomiczne, kapitał, model, koszt lub instytucja) i ekonomiczno-ekologicznych (jak na przykład usługa środowiska albo pojemność asymilacyjna środowiska przyrodniczego) oraz postawa wielu analityków w tym zakresie granicząca z niefrasobliwością. Marginalizowanie na wielu spotkaniach naukowych czy w opracowaniach dyskusji pojęciowych jest tego najbardziej spektakularnym dowodem.

Ograniczenia modelowania i modeli łączą się równocześnie z niejednoznacznością kryteriów porządkowania danych (bądź informacji). Widać to, gdy podejmujemy na przykład próby rozstrzygnięcia, jakie elementy stanowią korzyści środowiskowe lub walory środowiska przyrodniczego.

Niezwykle ważną grupą trudnych ograniczeń są problemy informacyjne związane z **funkcją poznawczą** procesu modelowania oraz modeli społeczno-gospodarczo-przyrodniczych. Ograniczenia te wynikają z niemożności precyzyjnego rozpoznania i odwzorowania elementów strukturalnych i funkcjonalnych badanych obiektów. Narastająca złożoność megasytemu gospodarka – społeczeństwo – środowisko przyrodnicze generuje wiele wyzwań poznawczych⁷, które wymagają zupełnie nowych sposobów rozpo-

⁷ Niektóre z nich zostały opisane w pracy pt.: „*Quo vadis ekonomio?*”, przygotowanej do druku [Czaja, 2014].

znawania i opisu związków (na przykład z pozycji chaosu deterministycznego). Przykładem nowej perspektywy może być praca nad innym paradygmatem ekonomii zrównoważonego i trwałego rozwoju bądź „fizykalizacja” analiz ekonomiczno-ekologicznych. Poszukiwania w tym zakresie są często traktowane przez przedstawicieli głównego nurtu ekonomii jako mało znaczące, wręcz jako kuriozum. Jak pisał N. Georgescu-Roegen: *tylko na papierze każdy może narysować funkcję produkcji tak, jak ma na to ochotę, bez oglądania się na wymiary lub inne fizyczne bariery* [Georgescu-Roegen, 1979, s. 97].

Ograniczenia poznawcze łączą się także z możliwościami weryfikacji-falsyfikacji prawdziwości formułowanych sądów (hipotez czy tez badawczych). Im „lepsza i pełniejsza” jest informacja, tym większe są możliwości sprawdzenia ich logiczności oraz prawdziwości.

Posiadanie dostatecznie precyzyjnych danych (lub informacji) pozwala również poprawnie formułować problemy badawcze. Informacje są odzwierciedleniem obrazu obiektu (zjawiska czy procesu), a zatem ich jakość decyduje o jakości obrazu. Jakość informacji możemy łączyć z ich: kompletnością, aktualnością, wiarygodnością i relewantnością.

Aktualność bezpośrednio jest determinowana szybkością uzyskania informacji. Informacja niesiona przez daną wiadomość jest aktualna, jeżeli opisuje stan rzeczywistości w dopuszczalnych granicach błędu. Aktualność informacji pozostaje w korelacji z tempem zmiany opisywanego atrybutu rzeczywistości i szybkością udostępnienia tej informacji użytkownikowi. Relewantność informacji wiąże się zaś z przeniesieniem przez informację elementów zbędnych dla użytkownika. Informacja jest bowiem relewantna, jeżeli elementów takich nie zawiera. Kompletność informacji jest mierzona relacją między współczynnikiem relewancji elementów nie zawartych w zbiorze dostępnych informacji do współczynnika relewancji danej informacji. Innymi słowy, informacja jest kompletna, jeżeli zawiera wszystkie elementy użyteczne dla użytkownika w danym czasie, natomiast poza nią nie pozostaje ani jeden element cenniejszy (użyteczniejszy) niż zawarte w informacji. Wiarygodność informacji oznacza jej prawdziwość z punktu widzenia poprawności opisu rzeczywistości. Na obniżenie wiarygodności informacji mogą wpływać: czynniki intencjonalne, oznaczające celowe przekazywanie nieprawdziwej informacji; czynniki metodologiczne, łączące się z błędami popełnianymi w trakcie określania informacji z powodów niedoskonałego rozpoznania sytuacji oraz czynniki technologiczne, związane z tworzeniem błędów z przyczyn techniki gromadzenia i przetwarzania danych.

Ludzki mózg generuje niezwykle wyzwania poznawcze i sposób odzwierciedlania w nim otaczającej nas rzeczywistości. Wywołuje je sposób funkcjonowania tego organu, odbiór i przetwarzanie informacji (danych), a także różnego rodzaju zniekształcenia powstające w trakcie operacji myślowych [Calvin, 1997; Poppel, Edingshaus, 1998]. Ich pokonanie jest najtrudniejszym wyzwaniem dla każdego badacza, ponieważ są wyznaczone przez uwarunkowania fizjologiczne. Można je ograniczać jedynie wspierając się odpowiednimi urządzeniami technicznymi do gromadzenia i przetwarzania danych (informacji).

Uwarunkowania kulturowo-ideologiczne i aksjologiczne procesów poznania należą również do poważnych wyzwań modelowania. Można je łatwiej ograniczyć niż uwarunkowania fizjologiczne, chociaż psychologia, socjologia i częściowo filozofia zgłaszają określone wątpliwości. Ich zdaniem, szeroko rozumiana kultura znacznie silniej modyfikują widzenie i rozumienie otaczającej rzeczywistości oraz wpływa na sposoby jej badania niż jesteśmy w stanie to zidentyfikować. Ponadto, nie jest łatwo określić zakres i sposoby tych oddziaływań. W teorii poznania istnieją poglądy, że proces poznania nie może być obiektywny w relacji do: kultury, ideologii czy uznawanych systemów wartości. Nie znajdują one jednak ani jednoznacznej konfirmacji, ani falsyfikacji. Pewnym sposobem zmniejszenia tego typu ograniczeń mogą być zautomatyzowane procedury: pozyskiwania, gromadzenia i przetwarzania danych oraz informacji.

Proces modelowania i modele społeczno-ekonomiczne wypełniają **funkcję predykcyjną**, która pozwala mniej lub bardziej skutecznie przewidywać przyszły przebieg procesu czy kształtowanie się zjawiska. W przypadku megasystemu: gospodarka – społeczeństwo – środowisko przyrodnicze możliwość przewidywania jego zachowania uznaje się za jeden z najsilniejszych walorów procesu poznania. Właściwa predykcja potwierdza bowiem poprawność rozpoznania związków pomiędzy zjawiskami, a zatem jest pośrednim dowodem prawdziwości poznania.

Pierwsza grupa ograniczeń predykcyjnych dotyczy niedoskonałości ludzkiej wiedzy w zakresie funkcjonowania oraz ewolucji megasystemów: gospodarka – społeczeństwo – środowisko przyrodnicze. Rozwój wiedzy w tym zakresie będzie redukował powyższe niedoskonałości, chociaż nie ma pewności, że zachodzące, dynamiczne zmiany w otaczającej nas rzeczywistości będzie można dostatecznie skutecznie badać i przewidywać.

Ta dynamiczność jest kolejnym, bardzo trudnym wyzwaniem, zwłaszcza jeżeli uwzględnimy dwie kwestie:

- po pierwsze, niedoskonałości metod modelowo-prognostycznych, przede wszystkim wykorzystywanych do badania procesów (zjawisk) dynamicznych, toczących się w zmiennym, turbulentnym otoczeniu;
- po drugie, wręcz naturalne trudności przewidywania złożonych i bardzo dynamicznych procesów (zjawisk).

Ograniczenia związane z funkcją predykcyjną modeli i modelowania wynikają również ze zbyt długiego horyzontu prognozowania, co bardzo rozszerza przedział ufności prognozy i ogranicza prawdopodobieństwo trafności prognozy.

Ostatnia, istotna funkcja realizowana przez modele społeczno-gospodarcze i proces modelowania jest związana z **podejmowaniem decyzji** na podstawie tych elementów. Decydenci często nie mają dostatecznego zaufania do analizy scenariuszowej czy rekomendacji wynikających z modeli prognostycznych. To zmniejsza zakres praktycznego zastosowania efektów modelowania społeczno-gospodarczego. Nie potrafią również myśleć w ten sposób we własnych procesach decyzyjnych, co znowu ogranicza zapotrzebowanie na modele społeczno-gospodarcze ze strony praktyki.

Dodatkowym wyzwaniem są szybko rosnące koszty modelowania, skorelowane prawie wykładniczo z narastającą precyzją otrzymywanych modeli. Taki proces mo-

delowania wymaga również znacznie zwiększonych nakładów czasu, co w wielu przypadkach obniża jego użyteczność decyzyjną. Jest to także efekt coraz powszechniejszej kompresji czasu.

Z modelami społeczno-ekonomicznymi i procesem modelowania jest powiązane ryzyko decyzyjne. Żaden model, nawet najbardziej precyzyjnie przygotowany, nie daje rozwiązań pewnych, ale jedynie prawdopodobne. Oznacza to istnienie ryzyka, które towarzyszy każdej decyzji. Modele w przekonaniu wielu decydentów nie zmniejszają ryzyka decyzyjnego.

Ograniczenia decyzyjne łączą się także z zakresem stosowania modeli do podejmowania decyzji oraz możliwością popełnienia błędu „marnotrawstwa” lub błędu „nadużycia”. Błąd „marnotrawstwa” oznacza niedostateczne wykorzystanie modelu, natomiast błąd „nadużycia” wiąże się z wykorzystaniem danego modelu w sposób nieuprawniony.

Powyższe zestawienie źródeł ograniczeń modelowania jest dobrym punktem wyjścia do reinterpretacji wielu wykorzystywanych dotychczas modeli ekonomiczno-społeczno-przyrodniczych oraz poszukiwania nowych sposobów znoszenia tych ograniczeń. Postawa taka musi liczyć się z krytycznym podejściem do dotychczasowego dorobku nauk ekonomicznych i zrozumieniem, że rozwój nauki (wiedzy) nie polega na powtarzaniu uznanych tez.

4. Podsumowanie. Użyteczność modeli funkcji produkcji w badaniu zjawisk ekonomiczno-społeczno-przyrodniczych

Modelowanie należy do podstawowych sposobów realizacji procesów poznawczych w ekonomii i innych naukach społecznych. Jednocześnie jest użyteczne w badaniu relacji gospodarka – społeczeństwo – środowisko przyrodnicze. Modele społeczno-ekonomiczno-przyrodnicze mają bowiem swoje walory informacyjne i implementacyjne. Przykładem ich stosowania jest najpopularniejszy model funkcji produkcji.

Możliwość wykorzystania tego i innych modeli jest związana przede wszystkim z jakością i dostępnością zbiorów danych i informacji. Im zbiory te są lepiej przygotowane i łatwiej (powszechniej) dostępne, tym rzadsze są ograniczenia procesu modelowania, a także samych modeli ekonomiczno-społeczno-przyrodniczych.

Powyższa identyfikacja i ocena ograniczeń modelowania oraz modeli społeczno-ekonomiczno-przyrodniczych pokazała ich informacyjną istotę, dając jednocześnie wskazówki, w jaki sposób można je stopniowo eliminować, przyczyniając się zarówno do rozwoju nauki (wiedzy), jak i szerszego wykorzystania modeli w praktyce społeczno-gospodarczej.

Literatura

Becla A., Czaja S., Zielińska A. 2010 *Ecological information management in the context of sustainable development. Chosen issues*, Wydawnictwo I-BIS, Wrocław-Jelenia Góra.

- Becla A., Zielińska A. 2003 *Elementy statystyki i metod ilościowych*, Wydawnictwo I-BIS, Wrocław.
- Bronfenbrenner M. 1944 *Production Function Cobb-Douglas, Interfirm-Intrafirm*, „Econometrica”, vol. 12.
- Calvin W. 1997 *Jak myśli mózg*, Wydawnictwo CIS, Warszawa.
- Cobb C. W., Douglas P. H. 1928 *A Theory of Production*, „American Economic Review”, Supplement, no. 18.
- Czaja S. 2011 *Czas w ekonomii*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Czaja S., Fiedor B., Jakubczyk Z. 1993 *Ekologiczne uwarunkowania wzrostu gospodarczego w ujęciu współczesnej teorii ekonomii*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- Czaja S. 2014 *Makroekonomiczna neoklasyczna funkcja produkcji. Założenia – Własności – Kontrowersje – Zastosowania*, I-Bis, Wrocław.
- Czaja S. 2014 *Quo vadis ekonomio. Wyzwania poznawcze i metodologiczne współczesnej ekonomii*, (przygotowywane do druku), I-Bis, Wrocław.
- Czaja S. 1997 *Teoriopoznawcze i metodologiczne konsekwencje wprowadzenia prawa entropii do teorii ekonomii*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław.
- Edelberg V. 1936 *An Econometric Model of Production and Distribution*, „Econometrica”, vol. 4.
- Georgescu-Roegen N. 1979 *Scarcity and Growth Reconsidered*, Resources for the Future, Baltimore.
- Hall V., Mosevich J. 1988 *Information System Analysis*, Prentice Hall Canada Inc., Scarborough.
- Harcourt G. 1975 *Spory wokół teorii kapitału. Cambridge kontra Cambridge*, PWE, Warszawa.
- Kornai J. 1969 *Zastosowanie programowania w planowaniu*, PWN, Warszawa.
- Krelle W. 1985 *Theorie des wirtschaftliches Wachstums*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- Osiatyński J. 1978 *Kapitał, podział, wartość. Kryzys ekonomii neomarginalistycznej*, PWN, Warszawa.
- Poppel E., Edingshaus A. L. 1998 *Mózg – tajemny kosmos*, PIW, Warszawa.
- Reder M. 1943 *An Alternative Interpretation of the Cobb-Douglas Function*, „Econometrica”, vol. 11.
- Solow R. M. 1957 *Technical Change and the Aggregate Production*, „Review of Economic and Statistics”, vol. 39.
- Solow R. M. 1962 *Technical Progress, Capital Formation and Economic Growth*, „American Economic Review”, vol. 52.
- Tinbergen J. 1942 *Profesor Douglas' Production Function*, „Revue de l'Institut International de Statistique”, t. 1-2.