

Różnorodność a ewolucja systemu ekonomicznego

sporządzona na wniosek Rady Dyscypliny Ekonomii i Finansów
Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie (wniosek z posiedzenia Rady
w dniu 21.10.2024r.) przez prof. UAM dra hab. Piotra Maćkowiaka

I

Rozprawa doktorska mgr E.Pliś miała zrealizować dwa zasadnicze cele: 1) uogólnić definicję różnorodności skończonego zbioru z pracy [4] na systemy ekonomiczne z nieskończonymi zbiorami konsumpcji/przestrzeniami produkcyjnymi, 2) określić związki między różnorodnością a ewolucją systemu ekonomicznego.

Różnorodność pewnego obiektu (np. koszyka dóbr lub podzbioru zbioru koszyków dóbr) jest tu rozumiana jako wyrażona liczbowo miara posiadania przez ten obiekt pewnych cech (atrybutów). Miara ta jest sumą wag przypisanych poszczególnym atrybutom, które charakteryzują dany obiekt. Wagi są nadane poszczególnym atrybutom przez konsumenta lub - w ramach całego systemu ekonomicznego - przez zbiorowość konsumentów. W rozprawie zakłada się, że istnieje skończona liczba atrybutów a zbiory koszyków, które realizują poszczególne atrybuty są domkniętymi podzbiórami wielowymiarowych przestrzeni euklidesowych. System ekonomiczny to zbiorowość konsumentów i producentów (przedsiębiorców) wraz z ich charakterystykami, która jest reprezentowana w ramach modelu Arrowa-Debreu (zob. np. [1]). Preferencje konsumenta są opisane funkcją użyteczności, która danemu koszykowi przypisuje sumę wag cech charakteryzujących ten koszyk, a zależnych od konsumenta. Producentów charakteryzują ich zbiory możliwości produkcyjnych (równoważnie: przestrzenie c-produkcyjne, których elementami są wektory produkcji czystej [5, s.74]; w recenzji stosuję również nazwę *technika produkcji* dla elementów zbiorów możliwości produkcyjnych). Ewolucja systemu ekonomicznego to nic innego jak zmiana stanu tego systemu z okresu na okres. W pracy rozpatruje się zmiany wynikające z możliwości pojawienia się nowych technik produkcji (innowacje) lub/ oraz zaniku starych (destrukcja).

II

Pierwszy rozdział rozprawy ma charakter wprowadzający. Omówiono w nim wybrane podejścia do opisu/definicji różnorodności zbioru oraz wskazano na istniejące w literaturze przedmiotu powiązania między różnorodnością a zmianą systemu ekonomicznego. Zmiana w gospodarce wynika ze zmian w systemie podażowym, które muszą uwzględniać stronę po-

pytową systemu ekonomicznego. W pracy szczególny nacisk kładzie się na schumpeterowski charakter zmian (twórcza destrukcja).

Rozdział drugi przedstawia podstawowe pojęcia i własności związane z różnorodnością dla zbiorów skończonych (zob. [4]). Podano w nim szczegółowy opis systemu ekonomicznego ze skończoną liczbą producentów i konsumentów (abstrakcyjny model Arrowa-Debreu). Część tego rozdziału jest poświęcona wprowadzeniu definicji ewolucji/transformacji systemu ekonomicznego oraz pojęć z nią związanych. Podano tu definicje innowacyjnej transformacji systemu¹ (pojawia się nowa, dotychczas niedostępna technika produkcji a producent ją stosujący nazywany jest innowatorem), imitacyjnej transformacji systemu (nie pojawiają się nowe techniki produkcji - wszyscy producenci są imitatorami), destrukcyjnej transformacji systemu (pewna dotychczas dostępna technika produkcji przestaje być dostępna lub pewien aktywny dotąd producent przestaje być aktywny w tym sensie, że jego zbiór możliwości produkcyjnych trywializuje się do zbioru $\{0\} \subset \mathbb{R}^l$) oraz twórczej destrukcji systemu (transformacja jest jednocześnie innowacyjna i destrukcyjna). Końcowa część rozdziału pierwszego zawiera uogólnienie pojęcia funkcji różnorodności wprowadzonego przez Nehringa i Puppe w pracy [4] ze zbiorów skończonych na zbiory nieskończone - w tym przypadku na podzbiory domknięte przestrzeni euklidesowej $\mathbb{R}^l$ - określone przez grupę konsumentów występujących w systemie ekonomicznym. Uogólnienie jest dość proste. Otrzymuje się je poprzez ustalenie pewnej skończonej rodziny $\mathcal{A}$ domkniętych podzbiorów $\mathbb{R}^l$ (cechy/atrybuty), której każdemu elementowi każdy konsument nadaje swoje wagi, a następnie - aby otrzymać funkcję różnorodności dla całego zbioru konsumentów określoną na rodzinie wszystkich podzbiorów $\mathbb{R}^l$ - każdemu podzbiorowi z $\mathbb{R}^l$ przypisuje się sumę wag przypisanych temu podzbiorowi przez wszystkich konsumentów (dla wyjaśnienia dodajmy, że waga przypisana przez konsumenta danemu podzbiorowi to suma wag przypisanych przez konsumenta tym elementom rodziny $\mathcal{A}$, które mają niepuste przecięcia z rozpatrywanym podzbiorem; waga przypisana zbiorowi pustemu to 0). Rozdział kończy definicja różnorodności systemu ekonomicznego ze skończoną liczbą podmiotów, która jest zdefiniowana jako wartość funkcji różnorodności określonej w powyższy sposób na sumie mnogościowej zbiorów możliwości produkcyjnych. W ten sposób pojęcie różnorodności, które jest pierwotnie związane z konsumentami, zostaje powiązane ze stroną podażową gospodarki i można zacząć się zastanawiać jak zmiany w technologii dostępnej w gospodarce wpływają na jej różnorodność (w powyższym rozumieniu).

W rozdziale trzecim została przeprowadzona analiza zależności między zmianami różnorodności a rodzajami transformacji systemu ekonomicznego:

¹ W dysertacji podano najpierw definicje różnych rodzajów transformacji systemów produkcji, a dopiero na ich bazie sformułowano definicje rodzajów transformacji całych systemów ekonomicznych, które jednak w sposób ścisły odpowiadają rodzajom transformacji systemów produkcji. Dlatego nie wprowadzamy w recenzji rozróżnienia między rodzajem transformacji systemu produkcji a systemu ekonomicznego.

- o jeśli różnorodność rośnie, to nastąpiła transformacja innowacyjna (destrukcyjna) systemu,
- o jeśli miała miejsce transformacja imitacyjna systemu, to jego różnorodność nie rośnie,
- o jeśli miała miejsce transformacja innowacyjna systemu a różnorodność spadała, to transformacja była również transformacją destrukcyjną, tzn. była twórczą destrukcją.

Ponadto wprowadzono tu pojęcia istotnie innowacyjnego planu (techniki) produkcji i istotnie innowacyjnej transformacji systemu oraz v -twórczej transformacji systemu. Technika produkcji $y \in \mathbb{R}^l$ jest istotnie innowacyjna, jeśli rozszerzenie dotychczasowego zbioru możliwości produkcyjnych o tę technikę skutkuje wzrostem różnorodności systemu. Transformacja jest istotnie innowacyjna, gdy jej skutkiem jest system, w którym istnieje istotnie innowacyjna technika produkcji względem początkowego zbioru możliwości produkcyjnych systemu. Transformacja systemu ma charakter v -twórczej destrukcji, gdy jest twórczą destrukcją, która nie powoduje obniżenia różnorodności systemu. Wprost z definicji wynika, że

- o jeśli miała miejsce transformacja istotnie innowacyjna systemu, to była ona również transformacją innowacyjną,
- o każda istotnie innowacyjna transformacja systemu, która nie jest destrukcyjną, powoduje wzrost różnorodności systemu,
- o v -twórczej destrukcji systemu nie może towarzyszyć spadek różnorodności systemu, a jeśli pojawia się istotna innowacja, to różnorodność systemu wzrasta.

Zauważmy, że pojęcie techniki istotnie innowacyjnej ma w sobie zakodowany potencjał zwiększenia różnorodności systemu ekonomicznego i pozostaje w ścisłym związku z preferencjami konsumentów.

W dalszej części rozdziału trzeciego przedstawiono ewolucję systemu ekonomicznego ujętą w języku teorii projektowania mechanizmów L.Hurwicza oraz przykład tzw. mechanizmu eko-innowacyjnego skutkującego wyrugowaniem z procesów produkcji towaru uznawanego za szkodliwy.

Ostatni, czwarty rozdział pracy jest poświęcony teoriogrowemu ujęciu ewolucji schumpeterowskiej. W początkowej części przedstawiono aparat teorii gier ewolucyjnych. Kluczową rolę odgrywa tu zapożyczone z biologii pojęcie stanu stabilnego ewolucyjnie (strategii stabilnej ewolucyjnie: SSE) wprowadzone przez J.M.Smitha i G.R.Price'a w 1973 roku (więcej na temat motywacji dla tego pojęcia można znaleźć w rozdziale 7. w [3]). Intuicyjnie oznacza ono stan populacji, mierzony jako częstotliwość występowania osobników stosujących określone strategie postępowania, który jest odporny na niewielkie zmiany (mutacje) w częstotliwości stosowania dotychczasowych strategii postępowania przez osobniki populacji. Pojęcie stanu stabilnego ewolucyjnie jest również ważne dla dynamiki zachowania się populacji - stan stabilny ewolucyjnie może być stabilnym stanem równowagi układu równań różniczkowych (zob.

[5, s. 849]) opisujących zmiany częstotliwości stosowania określonych strategii, np. układu równań różniczkowych dynamiki replikatorowej.

Zasadnicza część rozdziału 4. służy ujęciu modelu ewolucji systemu ekonomicznego w ramy pojęciowe teorii gier ewolucyjnych. W odróżnieniu od poprzednich rozdziałów zakłada się, że populacje konsumentów i producentów mają continuum elementów (utożsamia się ich licznosc z licznoscia przedziału $[0, 1]$ liczb rzeczywistych), a poszczególni konsumenci i producenci są scharakteryzowani w sposób podobny jak dla modelu ze skończoną liczbą podmiotów. Globalna produkcja oraz popyt mogą zostać wyznaczone przez scałkowanie (przy odpowiednich założeniach formalnych). Funkcja różnorodności systemu jest skonstruowana tak jak w modelu z rozdziału 2. dla skończonego zestawu atrybutów, z tym że sumowanie zostaje zmienione na całkowanie. Zakłada się upraszczająco, że konsumentów stać na wybrane koszyki preferowane a producenci dysponują jednakowym dla wszystkich zbiorem możliwości produkcyjnych, który będą mogli powiększyć o istotnie innowacyjną technikę produkcji y' , o ile się na to zdecydują. To powiększenie zbioru możliwości produkcyjnych wiąże się z poniesieniem przez danego producenta pewnego kosztu, który jest jednakowy dla wszystkich producentów-innowatorów, ale jednocześnie umożliwi mu zwiększenie zysku. Ze względu na fakt, że innowacyjna technika produkcji y' może nie posiadać pewnego atrybutu, który posiadała dotychczas stosowana technika produkcji, zysk wynikający z zastosowania nowej techniki produkcji przypadający innowatorowi zależy (poprzez różnicę wartości pewnej ściśle rosnącej funkcji) od przyrostu różnorodności systemu wynikającego z wprowadzenia techniki istotnie innowacyjnej y' oraz od spadku różnorodności wynikającej z braku pewnych atrybutów, które posiadała dotychczas stosowana technika produkcji. Zmiany systemu ekonomicznego mogą zajść jedynie poprzez zmianę systemu produkcji. Zakłada się, że producenci mają do dyspozycji dwie strategie: wprowadzić technikę y' (strategia I - „wprowadzić innowację”) lub nie dokonywać zmian (strategia Z - „imitować”). W scenariuszu ewolucyjnym zakłada się, że producenci wielokrotnie dobierają się losowo w pary, rozgrywają dwuosobową grę strategiczną (zbiór strategii to $\{I, Z\}$; macierz wypłat drugiego gracza jest symetryczna względem macierzy wypłat gracza pierwszego) i otrzymują wypłaty wynikające z macierzy wypłat. Skonstruowana w pracy macierz wypłat zależy od dotychczas osiąganego zysku, kosztu wprowadzenia innowacji oraz wartości rynkowych zmian różnorodności. Grę rozgrywaną przez pary producentów nazywa się grą schumpeterowską jeśli występuje w niej strategia mieszana będąca stanem ewolucyjnie stabilnym - stan ten nazywa się wtedy stanem schumpeterowskim. Dodajmy, że strategia ta określa udział innowatorów w populacji przedsiębiorców.

W rozdziale czwartym zostały podane warunki konieczne i dostateczne na to, aby gra powyższa gra strategiczna była schumpeterowska. Stan schumpeterowski został explicite wyznaczony dla zadanych wartości parametrów gry oraz dokonano jego analizy. Otrzymano, m.in. że w stanie schumpeterowskim

- o zwiększenie kosztów wprowadzenia innowacji zmniejsza udział innowatorów w populacji,
- o im wyższy zysk innowatora, tym wyższy odsetek imitatorów w populacji,
- o im większy przyrost różnorodności wynika z wprowadzenia innowacji (*ceteris paribus*), tym wyższy jest odsetek innowatorów w populacji.

W końcowej części tego ostatniego rozdziału dokonano analizy wypłat z gry w stanie schumpeterowskim w zależności od pewnych parametrów macierzy wypłat oraz dokonano podziału gier schumpeterowskich na gry oparte na konflikcie i gry antykoordynacyjne.

W rozdziałach 2-4 podano przykłady ilustrujące wprowadzane pojęcia i modele.

Konstrukcja rozprawy oraz dobór literatury są poprawne. W pracy występują dość liczne błędy językowe i redakcyjne. Uważam, że została ona starannie zredagowana. Mam jedynie zastrzeżenia do sposobu numeracji definicji, spostrzeżeń, itp.; ciągła numeracja w ramach rozdziałów znacznie ułatwiłaby ich wyszukiwanie i czytanie pracy.

III

Według mnie praca realizuje cele przytoczone na początku recenzji. Autorka potrafi poprawnie stosować narzędzia matematyczne i nadawać sensowne interpretacje ekonomiczne wynikom otrzymanym przy ich pomocy. Mam jednak szereg różnego typu uwag/pytań/komentarzy dotyczących pracy. Oto kilka z nich:

1. Uogólnienie różnorodności zbioru (funkcji różnorodności) ze zbioru skończonego na nieskończony zostało dokonane następująco. Przyjęto, że w przestrzeni $\mathbb{R}^l$ jest ustalona skończona rodzina $\mathcal{A}$ domkniętych podzbiorów $\mathbb{R}^l$, której elementom zostają przypisane pewne wagi (nieujemne, sumujące się do jedynki liczby rzeczywiste). W systemie ekonomicznym z konsumentami, każdy z nich przypisuje wagi zbiorom z rodziny $\mathcal{A}$ i dzięki temu może zdefiniować swoje preferencje (wzór (2.29)). W pracy w ogóle nie poruszono problemów związanych z taką definicją preferencji, mimo że popyt konsumentów (tj. koszyki, które chcą oni nabyć przy danych cenach) traktuje się jako dobrze zdefiniowany.

Jakie własności posiada funkcja popytu konsumpcyjnego dla konsumenta z takimi preferencjami? Czy jest ciągła? Czy jest to funkcja? A może jest to multifunkcja?

2. Jako źródło definicji rodzajów transformacji podanych w podrozdziale 2.2.2 podano pracę Autorki [6]. Jednak w pracy [6, podpunkt 3.1] następuje odwołanie do pracy [1] jako źródła znaczącej inspiracji dla definicji rodzajów transformacji systemu ekonomicznego (prócz twórczej destrukcji). Po dokonaniu przeglądu szeregu prac A.Lipiety oraz A.Malawskiego nie traktuję definicji 2.10-13 jako oryginalnego wkładu Autorki.

Zupełnie inaczej ma się rzecz z definicją transformacji istotnie innowacyjnej systemu produkcji (definicja 3.2), którą uznaję za oryginalną i ważną z punktu widzenia dalszych wyników pracy. Jednak mam wrażenie, że należało tu poczynić pewien komentarz: ta definicja różni się od wcześniejszych definicji rodzajów transformacji, bo wiąże w sobie

charakterystyki producentów (przestrzenie produkcyjne) i konsumentów (preferencje wynikające z różnorodności i ich wag). Komentarza tego typu w pracy brakuje.

Nowa jest również definicja v -twórczej destrukcji systemu.

3. Wyniki związane z opisem ewolucji ekonomicznej w języku teorii projektowania mechanizmu są poprawne, ale niewiele wnoszą. Nie różnią się one istotnie od wyników podanych np. w pracach [1] lub [2]. Faktem jest jednak, że świadczą o zrozumieniu tematyki i umiejętności stosowania aparatu matematycznego przez Autorkę.
4. W jaki sposób można *ex ante* ocenić wartość rynkową różnic zmian różnorodności $d(y, y')$ oraz $d(y'/y)$? Jak miałby tego dokonać rynek? Taka wycena wprowadzona zostaje w podpunkcie 4.3.1 i jest ważna z punktu widzenia analizy stanów równowagi gry rozgrywanej przez producentów. Uważam, że ten zabieg umożliwia pracę z modelem i wnioskowanie o własnościach stanów równowagi, ale nie jest dostatecznie dobrze umotywowany (choć pewien komentarz pojawia się na s. 90).
5. W punkcie 4.3.3 zostaje przedstawiona macierz wypłat dla gry strategicznej rozgrywanej przez producentów. Dlaczego „producenci [...] dzielą się zyskiem” (s. 92-93)? Dlaczego mieliby się dzielić zyskiem w podanych w pracy proporcjach? Z założenia producenci są mali (atomowi) względem rynku zarówno po stronie podaży jak i popytu. Dlaczego „mały” producent nie mógłby osiągnąć zysku wynikającego ze zrealizowania „małego” planu produkcji i nie dzielić zysku? W macierzy wypłat te zyski są dzielone. Ponadto uważam, że brakuje dokładnego opisu konstrukcji macierzy wypłat. Okazuje się (na podstawie wniosku 4.6), że w stanie schumpeterowskim (np. przy $\beta = 0$) koszt wprowadzenia innowacji musi być duży, w tym sensie, że przewyższa połowę wartości rynkowej wynikającej z przyrostu różnorodności z innowacji, tj. $F > \alpha/2$ (ale nie za duży, bo $F < \alpha$). Czy to ma swoje ekonomiczne uzasadnienie?
6. W rozdziale 4 zakłada się w ostateczności, że wszyscy producenci przed wprowadzeniem istotnej innowacji realizują ten sam plan produkcji y (s. 90), który posiada wszystkie istotne atrybuty (atrybuty z dodatnimi wagami przed wprowadzeniem innowacji; s. 91). Jak uchylenie tych założeń upraszczających („jednakowy plan produkcji” i „plan realizuje wszystkie istotne atrybuty”) wpływa na możliwość sformowania macierzy wypłat, istnienie i własności stanów schumpeterowskich? Czy te uproszczenia nie idą za daleko?
7. Własność submodularności funkcji różnorodności (spostrzeżenie 2.2) została przytoczona z pracy [4]. Czy submodularność nie wynika dość łatwo z definicji funkcji różnorodności? Podobna uwaga odnosi się do własności monotoniczności funkcji różnorodności i wniosku 2.1.

Pomimo że stopień skomplikowania aparatu pojęciowego stosowanego w pracy jest znaczny, to mam wrażenie, że większość wywodów formalnych przeprowadzanych w pracy ma charakter elementarny. Dla podniesienia jakości pracy warto byłoby w sposób prosty

uzyskać wyniki, które w literaturze otrzymuje się stosując skomplikowany aparat matematyczny (służący tam pokazaniu ogólniejszych faktów).

IV

Recenzowana rozprawa jest pracą z zakresu ekonomii matematycznej. Mieści się zatem w dyscyplinie ekonomia i finanse. Po dokładnej analizie rozprawy i gruntownym zastanowieniu uważam, że praca wykazała, iż mgr Elżbieta Plisz potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe oraz posiada odpowiednią do tego wiedzę teoretyczną. Doktorantka rozwiązała oryginalny problem badawczy polegający na uogólnieniu i przeniesienia pojęcia różnorodności zbioru na grunt systemów ekonomicznych oraz wskazała na zależności wiążące ewolucję systemu ekonomicznego i różnorodność tego systemu. Pracę, a szczególnie rozdział 4, oceniam pozytywnie.

W związku z powyższym stwierdzam, że dysertacja spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2023 r., poz. 742 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie mgr Elżbiety Plisz do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Poznań, 10.01.2025r.
DR HAB. PIOTR MACIKOWIAK

Literatura

- [1] A. Lipieta, *Adjustment processes resulting in equilibrium in the private ownership economy*, Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics 10, 2018, 305–332
- [2] A.Lipieta, A.Lipieta, *The role of destructive mechanisms within economic evolution*, Panoeconomicus 70, 2023, 279–301
- [3] W. Kulpa, *Topologia a ekonomia*, Wydawnictwo UKSW, Warszawa, 2013
- [4] K. Nehring, C. Puppe, *A theory of diversity*, Econometrica 70, 2002, 1155–1198
- [5] E. Panek, *Ekonomi matematyczna*, Wydawnictwo UEP, Poznań, 2000
- [6] E. Plisz, *Diversity and innovation in economic evolution*, Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics 12, 2020, 347–367

