Ewolucyjny model rozwoju przemysłu – perspektywy badawcze i dydaktyczne

Witold Kwaśnicki
Instytut Nauk Ekonomicznych
Uniwersytet Wrocławski
e-mail: kwasnicki@ci.pwr.wroc.pl

Streszczenie

Przedstawiono opis ewolucyjnego modelu rozwoju przemysłu i niektóre wyniki jego badań symulacyjnych. Pokazano, że jeśli przyjąć założenia ekonomii neoklasycznej (ortodoksyjnej) i koncentrować się na analizie w stanie równowagi to model ewolucyjny prowadzi do takich samych wniosków jakie wynikają z analizy neoklasycznej. Wskazano też na możliwości wzbogacenia analizy procesów gospodarczych przy podejściu ewolucyjnym. Doświadczenia dydaktyczne autora sugerują, że przedstawiony model, jak również szeroko rozumiana ekonomia ewolucyjna, mogą być z powodzeniem wykorzystane w procesie nauczanie ekonomii.

Dwa są cele przyświecają temu artykułowi. Przedstawienie opisu ewolucyjnego modelu rozwoju przemysłu oraz wybranych wyników jego symulacji komputerowych ma na celu pokazanie możliwości coraz popularniejszego nurtu analizy ekonomicznej jakim jest ekonomia ewolucyjna (krótkie przedstawienie ekonomii ewolucyjnej można znaleźć w Kwaśnicki (1996)). Ponadto prezentując ten model i wybrane wyniki jego badań symulacyjnych autor chciałby pokazać, że podejście ewolucyjne może być pomocne w nauczaniu ekonomii. Ze względu na ograniczoną długość artykułu pokazano jedynie na wybranych przykładach, że model ewolucyjny daje takie same wyniki analizy gałęzi przemysłu jak czyni to ekonomia ortodoksyjna, dominująca we współczesnych podręcznikach ekonomii. Z punktu widzenia dydaktycznego zaletą modelu ewolucyjnego jest możliwość pokazania własności gałęzi przemysłu w stanie równowagi (co jest głównym celem analizy ekonomicznej przedstawianej podręcznikach do ekonomii) jak również pokazanie bogactwa zachowań się przemysłu (rynku, konkurujących firm) w stanie dalekim od równowagi (pokazanie dynamiki zmian, co jest immanentną cechą współczesnych procesów

gospodarczych). Prezentowany model umożliwia też analizę rozwoju gałęzi przemysłu w warunkach rzadko analizowanych przez ekonomię ortodoksyjną, jak np. wpływ szybkości wzrostu rynku czy wpływ typów kryteriów działalności stosowanych przez firmy na charakter rozwoju przemysłu i kształtowanie się jego struktury. Niewątpliwą zaletą podejścia ewolucyjnego jest uwzględnienie innowacji w procesie gospodarczym i badanie wpływu innowacji na zmiany w obrębie konkurujących firm (co praktycznie nie jest obecne we współczesnych podręcznikach ekonomii).

Z doświadczeń autora nabytych w trakcie wykładów z ekonomii wynika, że zapoznanie studentów z paradygmatem ewolucyjnym w analizie ekonomicznej pozwala im inaczej widzieć rolę ekonomii i analizy ekonomicznej. Przesłanie ekonomii ewolucyjnej można ująć w podobny sposób jak to jak uczynił Hayek (1988, s. 76), który stwierdził, że „osobliwym zadaniem ekonomii jest pokazanie ludziom jak mało w istocie wiedzą o tym, co w ich mniemaniu da się zaprojektować". W odróżnieniu od ekonomii ortodoksyjnej, skupionej na analizie stanów równowagi, w ekonomii ewolucyjnej ważniejsze stają się pytania o ścieżkę rozwoju, o drogę dojścia do stanu równowagi (który to stan w ciągle zmieniającym się otoczeniu gospodarczym praktycznie nigdy nie może być osiągnięty). Dzięki podejściu ewolucyjnemu studenci mogą lepiej dostrzec potrzebę poznania motywacji ludzkich, procesów decyzyjnych człowieka, mechanizmów rozwoju gospodarczego i zrozumienia aktywności podmiotów gospodarczych. Przywołajmy jeszcze raz słowa Hayeka, który w *Konstytucji wolności* (1960, s. 4) stwierdził, że „ekonomista *nie* może twierdzić że posiada specjalną wiedzę, która kwalifikuje go do koordynowania wysiłkami innych specjalistów. Co może twierdzić to jedynie to, że jego zawodowe borykanie się z wszechobecnymi sprzecznościami interesów uczyniło go bardziej wrażliwym niż kogokolwiek innego na fakt, że żaden umysł nie jest w stanie posiąść całej wiedzy, która kieruje działaniami społecznymi, oraz o wynikającej stąd potrzebie pewnego bezosobowego mechanizmu, niezależnego od ludzkich sądów, koordynującego indywidualnymi wysiłkami ludzkimi".

Ograniczone rozmiary artykułu nie pozwalają na przedstawienie dokładnego opisu modelu jak i pełniejszego zbioru wyników – opis modelu i wyniki symulacji przedstawione są np. w (Kwaśnicki, 1994/1996, Kwaśnicki, Kwaśnicka, 1992). Ekonomia ewolucyjna jest tym współczesnym nurtem analizy ekonomicznej do którego należy zaliczyć przedstawiony model rozwoju przemysłu. W pewnym stopniu jest to rozwinięcie podstawowego modelu ewolucyjnego rozwoju przemysłu zaproponowanego przez Richarda Nelsona i Sidneya Wintera w ich książce *An Evolutionary Theory of Economic Change* (1982). Podobieństwa z

modelem Nelsona i Wintera (NW) widać przede wszystkim w istnieniu ogólnych mechanizmów konkurencji (selekcji) i poszukiwania innowacji. Natomiast istotne różnice to:

- zróżnicowanie typów innowacji (w modelu NW firmy mogły polepszać jedynie produktywność kapitału, w tym modelu firmy mogą ponadto poszukiwać innowacji zmniejszających koszty produkcji i polepszających charakterystyki techniczne produktów a przez to konkurencyjność produktów).
- inny mechanizm ustalania ceny – w modelu NW cena ustalana jest poprzez globalną funkcję popytu i jest ona wspólną (jednakową) ceną dla wszystkich firm, w tym modelu cena ustalana jest indywidualnie przez każdą firmę. Przy ustalaniu ceny firma bierze pod uwagę popyt na dane produkty jak również koszty produkcji i charakterystyki techniczne produktów (prowadzi to do zróżnicowania cen produktów na rynku, przez to model staje się bardziej realistycznym).
- istnienie poziomu rutyn i poziomu charakterystyk techniczno-ekonomicznych firm – co prowadzi do innych mechanizmów poszukiwania innowacji; w modelu NW modyfikowane były bezpośrednio charakterystyki ekonomiczne firm (produktywność kapitału), w tym modelu modyfikowane są rutyny a dopiero one wpływają na charakterystyki techniczno-ekonomiczne (koszty produkcji, produktywność kapitału i charakterystyki techniczne produktów);
- proces podejmowania decyzji przez firmy – w modelu NW przyjmuje on postać prostej formuły matematycznej, w tym modelu jest on bardziej rozbudowany, uwzględniający jednocześnie takie elementy jak ograniczenia inwestycyjne każdej z firm, bieżąca strukturę rynku, zróżnicowane kryteria działalności firm, subiektywne oceny przyszłych decyzji konkurentów i konsumentów, itp. (model staje się przez to niestety bardziej skomplikowany, ale jednocześnie umożliwia bardziej elastyczne i realne modelowanie rozwoju przemysłu).

Głównym celem badań symulacyjnych było pokazanie, do jakiego stopnia model odwzorowuje znane zjawiska obserwowane w procesach rzeczywistych. Wydaje się, że rezultaty badań symulacyjnych potwierdzają daleko idące podobieństwo zachowania się modelu i procesów rzeczywistych, np. w przypadku różnych struktur przemysłu (monopol, oligopol, konkurencja doskonała, konkurencja monopolistyczna, itp.), czy występowania ekonomii skali. W trakcie badań symulacyjnych otrzymano rezultaty sugerujące pewne nowe właściwości procesów przemysłowych (ale te przedstawione są np. w Kwaśnicki, 1996, 1998, 2000) i nie będą przedmiotem prezentacji w tym artykule.

Przedstawiony w artykule model opisuje zachowanie się pewnej liczby firm produkujących funkcjonalnie podobne produkty (tzn. produkty zaspokajające określoną potrzebę). Decyzje każdej firmy odnoszące się do wielkości inwestycji, ceny produktów, wielkości pożądanego zysku, itp. dokonywane są na podstawie oceny przyszłego zachowania się konkurentów i oczekiwanej reakcji rynku (konsumentów) na wprowadzenie na rynek określonej liczby produktów danej firmy. Wiedza firm dotycząca zachowani się konsumentów oraz wiedza o przyszłych zachowaniach konkurentów jest ograniczona i cechuje się dużym poziomem niepewności. Decyzje podejmowane są przez każdą firmę niezależnie w tym samym momencie (np. na początku każdego roku, lub kwartału).

Po podjęciu decyzji firmy produkują taką liczbę produktów jaką spodziewają się sprzedać na rynku. Rzeczywista liczba produktów danej firmy kupionych przez klientów zależy od ceny ich produktów, względnej oceny ich jakości (tzn. stopnia zaspokojenia danej potrzeby przez konkretny produkt) oraz nasycenia rynku. Na rynku mogą wystąpić stany niezaspokojenia lub nadprodukcji zarówno w skali globalnej całego rynku jak i w skali ‘lokalnej’ na poziomie specyficznych produktów. Może się tak zdarzyć, że produkty oceniane jako najlepsze nie są sprzedawane w całości na rynku i zamiast nich kupowane są produkty gorsze. Jednakże w długim okresie czasu produkty oceniane jako lepsze (tzn. produkty o niższej cenie i lepszej jakości) kupowane są chętniej przez klientów i ich udział na rynku rośnie.

Symulacja rozwoju przemysłu w modelu odbywa się w dyskretnym czasie w czterech etapach:

1. Poszukiwanie wynalazków, których wprowadzenie do produkcji (innowacje) może zastąpić ‘stare’, aktualnie stosowane produkty (metody produkcji).
2. Oszacowanie i porównanie wielkości inwestycji, produkcji, dochodu netto, zysku oraz innych charakterystyk rozwoju firmy wymaganych do kontynuowania produkcji ‘starymi’ metodami oraz przy zastosowaniu nowo odkrytych. W efekcie podjęcie decyzji o: (1) kontynuowaniu produkcji starymi metodami lub dokonanie modernizacji produkcji oraz (2) ewentualnym otwarciu nowego zakładu, gdzie istotnie nowe sposoby produkcji będą zastosowane.
3. Wejście nowych firm na rynek.
4. Rynkowa ocena całej puli produktów oferowanych przez wszystkie firmy do sprzedaży. Obliczenie charakterystyk rozwoju firm (produkcji sprzedanej, udziału firm na rynku) oraz globalnych charakterystyk rozwoju całego przemysłu.

Ogólna struktura ewolucyjnego modelu rozwoju przemysłu przedstawiona jest na Rys. 1. Wyznaczana przez producenta cena produktów zależy od dostępnych innowacji wprowadzanych przez daną firmę, aktualnej struktury rynku i od wielkości produkcji jaką spodziewa się dana firma sprzedać na rynku. Dwie strzałki pomiędzy *Ceną* i *Produkcją* wskazują, że cena ustalana jest w sposób interaktywny tak by zaspokoić kryteria funkcjonowania firmy, tzn. utrzymać zysk firmy na relatywnie wysokim poziomie i jednocześnie zapewnić rozwój firmie w długim okresie. W modelu rozróżniamy innowacje i wynalazki (tzn. nowości, które potencjalnie mogą być wprowadzone do praktyki i stać się innowacjami). Istnieją dwa podstawowe sposoby poszukiwania nowych rozwiązań (wynalazków), mianowicie autonomiczne badania prowadzone przez daną firmę oraz naśladownictwo konkurentów. Modernizacja produkcji poprzez wprowadzenie innowacji lub też zainicjowanie nowej produkcji poprzez wykorzystanie jakiegoś radykalnie nowego wynalazku wymaga określonego kapitału inwestycyjnego. Dlatego firmy myśląc o wprowadzeniu innowacji uwzględniają w swoich decyzjach także uwarunkowania ekonomiczne związane np. ograniczonymi zasobami inwestycyjnymi. Często zdarza się, że z powodów czysto ekonomicznych bardzo obiecujący wynalazek nie jest wprowadzany w życie. Połączenie rozwoju technologicznego z rozwojem gospodarczym i uwzględnienie ograniczeń ekonomicznych w rozpatrywaniu rozwoju technologicznego jest jedną z istotnych cech tego modelu.

Z dużej liczby wynalazków powstałych w trakcie procesu badawczego prowadzonego w firmach jedynie niewielka ich część staje się innowacjami. Innowacje pozwalają na modernizację bieżącej produkcji, pozwalają też na zainicjowanie radykalnie innego procesu produkcji. Każda innowacja może przyczynić się do: zmniejszenia jednostkowych kosztów produkcji, wzrostu produktywności kapitału lub poprawy charakterystyk technicznych produkowanych wyrobów. Jednakże często zdarza się, że polepszeniu ulega tylko jeden lub dwa z wymienionych trzech czynników, podczas gdy pozostałe są gorsze od aktualnie stosowanego procesu produkcyjnego. Dlatego firmy zazwyczaj stają przed problemem zrównoważenia pozytywnych i negatywnych czynników towarzyszących danemu wynalazkowi i akceptują jedynie te, dla których pozytywne przeważają i pozwalają na lepsze spełnienie kryterium funkcjonowania firmy. Każda z firm dąży do tego by polepszyć swoją sytuację w porównaniu z jej konkurentami, podstawowym sposobem na to jest wprowadzanie innowacji i odpowiednie ustalanie ceny swoich produktów. Aktywność badawcza firm „obejmuje modyfikowanie i rekombinacje bieżących rozwiązań technologicznych i pomysłów

organizacyjnych w połączeniu z dostępnymi zdolnościami pracowników w określonym kontekście gospodarczym" (Winter, 1984). Natomiast decyzje rynkowe zależą od charakterystyk technicznych produktów oferowanych na sprzedaż i ich ceny. Możemy mówić o istnieniu dwóch przestrzeni: przestrzeni rutyn i przestrzeni charakterystyk produktów.[1]

W przedstawionym modelu firmy mogą jednocześnie wytwarzać produkty o różnych charakterystykach technicznych oraz różnych cenach, mówimy, że firma może być przedsiębiorstwem wielozakładowym. Różne zakłady wytwarzają produkty stosując inne zbiory rutyn (metod produkcji) powstałych w trakcie działalności badawczej. Nowe technologiczne lub organizacyjne rozwiązania (tzn. nowe zbiory rutyn) mogą okazać się znacznie lepsze od aktualnie stosowanych, jednakże koszty pełnej modernizacji bieżącej produkcji mogą znacznie przekraczać zdolności inwestycyjne firmy. W takiej sytuacji firma kontynuuje produkcję przy stosowaniu starego zbioru rutyn (starych metod produkcji) i jednocześnie rozpoczyna produkcję w nowym zakładzie w oparciu o nowy zestaw rutyn, ale na znacznie mniejszą skalę. W trakcie dalszego rozwoju firmy 'stara' produkcja jest ograniczana a 'nowa' rozwijana, tak, że po jakimś czasie produkowane są jedynie nowocześniejsze produkty.

Poszukiwanie innowacji

Z samej swej natury, proces twórczy jest procesem ewolucyjnym, dla jego pełniejszego zrozumienia potrzebne jest sprecyzowanie i zrozumienie co to jest informacja dziedziczna. Zgodnie z ujęciem proponowanym przez Josepha A. Schumpetera i później przez Richarda Nelsona i Sidneya Wintera, używamy terminu 'rutyna' na określenie podstawowej jednostki informacji dziedzicznej (wiedzy) na poziomie firm. Określenie to w modelu odgrywa podobną rolę jak gen w biologii. Zbiór rutyn określa też to co Prahalad i Hamel (1990) nazywają kompetencjami rdzennymi (*core competences*) Zbiór rutyn stosowanych przez daną firmę w jej codziennej działalności jest jedną z podstawowych charakterystyk firm w modelu. Każda firma poszukuje nowych rutyn oraz nowych kombinacji rutyn. Nelson i Winter (1982, str. 14) definiują rutynę jako „regularne i przewidywalne zachowanie się firm, ... techniczne rutyny odnoszące się do sposobów produkcji ... procedury naboru pracowników i ich zwalniania,

[1] Przestrzeń rutyn i przestrzeń charakterystyk produktów odgrywają w tym modelu rolę podobną do tej jaką w ewolucji biologicznej odgrywają przestrzenie genotypów i fenotypów. Istnienie tych dwóch rodzajów przestrzeni jest cecha ogólną wszystkich procesów ewolucyjnych.

składania zamówień i magazynowania, zwiększania produkcji na którą istnieje popyt, polityki dotyczące inwestowania, prowadzenie badań i rozwoju, prowadzenia kampanii reklamowych, strategii prowadzenia interesów dotyczących dywersyfikacji produkcji i inwestycji zagranicznych". W dużym stopniu działalność badawcza jest też zrutynizowana. „Rutyny kierują wyborem jak również opisują metody, są odzwierciedleniem praktyki zarządzania i socjologii organizacji oraz odnoszą się do technologii produkcji." (Winter, 1984).

Zakładamy, że każda firma charakteryzowana jest przez zbiór (zbiory) rutyn. Wyróżniamy dwa rodzaje rutyn: *aktywne*, tzn. rutyny rzeczywiście stosowane przez firmę w jej codziennej praktyce, oraz *nadmiarowe* (albo inaczej *ukryte*), które są dostępne dla firmy by je użyć w praktyce, ale z różnych powodów nie są stosowane (patrz Rys. 2). Rutyny nadmiarowe mogą być włączone do zbioru rutyn aktywnych w dowolnym momencie. Cały zbiór rutyn podzielony jest również na rozłączne podzbiory, zwane segmentami, składające się z rutyn stosowanych przez firmę w różnych sferach jej działalności. Przykładami mogą być segmenty rutyn odnoszące się do działalności produkcyjnej, zarządzania i organizacji firmy, marketingu, reklamy, itp. W każdym segmencie mogą istnieć zarówno rutyny aktywne jak i nadmiarowe. Zbiór rutyn może ewoluować. Istnieją cztery podstawowe ewolucyjne mechanizmy generowania nowych zbiorów rutyn, mianowicie: *mutacje*, *rekombinacje*, *tranzycje* i *transpozycje*.

Prawdopodobieństwo odkrycia całkowicie nowej rutyny (mutacja) zależy od wielkości funduszy przeznaczonych przez firmę na autonomiczne badania prowadzone przez tę firmę przez zatrudniony w niej personel badawczy. Firma może przeznaczyć też część swojego funduszu badawczego na zdobycie wiedzy od konkurentów i próbować naśladować (rekombinacje) rozwiązania stosowane przez konkurujące firmy. Zakładamy, że rekombinacje mogą zachodzić segmentami, pojedyncze rutyny nie rekombinują. Dlatego, dzięki rekombinacji firma, może uzyskać odpowiednią wiedzę dotyczącą całej sfery działalności innej firmy, np. poprzez zakup licencji. Pojedyncza rutyna może być przekazywana z pewnym prawdopodobieństwem przez tzw. tranzycję (Rys. 2). W czasie tranzycji rutyna dołączana jest do zbioru rutyn ukrytych ale w każdym momencie z pewnym prawdopodobieństwem rutyna ukryta może być przeniesiona do zbioru rutyn aktywnych (transpozycja, Rys. 3). Prawdopodobieństwa tranzycji i transpozycji nie zależą od wielkości nakładów na badania i mają tę samą wartość dla wszystkich rutyn. Wartości tych prawdopodobieństw są raczej małe w swym 'naturalnym' stanie, jednakże od czasu do czasu gwałtownie rosną. Obserwujemy wówczas względnie krótkotrwały okres intensywnego poszukiwania nowych kombinacji

rutyn. Zjawisko to nazywamy rekrudescencją.[2] Rekrudescencja zależy od zdolności badaczy pracujących w danej firmie do poszukiwania oryginalnych, radykalnych innowacji przez zastosowanie odważnych, czasami pozornie szalonych pomysłów. Zdolności te zależą przede wszystkim od osobowości personelu badawczego, często czynniki całkowicie przypadkowe odgrywają zasadniczą rolę w tym procesie. Można powiedzieć, że regułą jest znajdowanie względnie małych ulepszeń istniejących rozwiązań dzięki mutacjom, rekombinacjom i transpozycji, których wartości prawdopodobieństwa są stosunkowo małe w długich okresach czasu, natomiast innowacje radykalne powstają dzięki rekrudescencji, w stosunkowo krótkich okresach czasu, kiedy możliwości znajdowania ulepszeń starych rozwiązań (opartych na starym paradygmacie) wyczerpują się.

Decyzje firm

Problem zrozumienia i odpowiedniego zamodelowania procesu podejmowania decyzji wydaje się być jednym z kluczowych w ekonomii. Proponowane przez nas podejście (Kwaśnicki, Kwaśnicka, 1992, Kwaśnicki, 1994/96) może być uznane za pierwsze przybliżenie formalnego ujęcia procesu podejmowania decyzji na poziomie firmy. Zakładamy, że firmy podejmują swoje decyzje na podstawie spodziewanych decyzji podejmowanych przez konkurentów i swoich oczekiwań o przyszłym rozwoju całego przemysłu (w formie np. oczekiwanej średniej ceny i średniej konkurencyjności produktów). Znając swoje możliwości inwestycyjne, aktualną sytuację rynku oraz możliwe do wprowadzenia innowacje, każda firma określa wielkość produkcji jaką spodziewa się sprzedać w bieżącym roku na rynku oraz bieżącą cenę produktów, tak by maksymalizować kryterium działalności firmy. W eksperymentach symulacyjnych przedstawionych m.in. w (Kwaśnicka, Kwaśnicki, 1992, Kwaśnicki 1994/96) przyjmowaliśmy, że firmy mogły stosować rożne kryteria działalności (np. zysk, dochód, różne kombinacje dochodu, zysku i udziału firm, prosta reguła ustalania ceny w oparciu o ustaloną marżę, itp.). Firmy o różnych kryteriach działalności konkurowały na rynku; jak się okazało, najskuteczniejszym kryterium, pozwalające firmom na długie funkcjonowanie i uzyskiwanie stosunkowo dużych zysków nie było proste kryterium maksymalizacji zysku (jak to często przyjmowane jest w ekonomii neoklasycznej, zwłaszcza w podręcznikach ekonomii), ale kombinacja kryterium krótkookresowego (w postaci

[2] Rekrudescencja – od łacińskiego *recrudesco* – pękać, odnawiać się, ang. *recrudescence* – ponowny wybuch po okresie bezczynności, bierności lub drzemki, wznowienie, odnowienie.

bieżącego dochodu firmy) i długookresowego (dążenia do uzyskania możliwie dużego udziału danej firmy na rynku). W sposób formalny kryterium to (O_1) można zapisać następująco:

$$O_1(t+1) = (1-F_i)\frac{\Gamma_i(t+1)}{\Gamma(t)} + F_i\frac{Q_i^s(t+1)}{QS(t)} \quad ,$$

$$F_i = a_4 \exp(-a_5 \frac{Q_i^s(t+1)}{QS(t)})$$

gdzie $\Gamma_i(t)$ dochód firmy i w roku t, Q_i^s produkcja sprzedana firmy i, Γ dochód globalny, QS produkcja globalna, F_i waga kryterium długookresowego i krótkookresowego, a_4 i a_5 są parametrami kontrolującymi zmiany tej wagi. W eksperymentach tych a_4 = 1 i a_5= 5 co oznacza, że kryterium długookresowe jest z reguły ważniejsze niż kryterium krótkookresowe oraz, że firmy stosują strategię elastyczną, zmniejszając wagę kryterium długookresowego w miarę wzrostu firmy – dla małych firm waga kryterium długookresowego jest znacznie większa niż dla firm dużych.

Dochód Γ_ι i zysk Π_ι firmy i wyrażają się wzorami

$$\Gamma_i = Q_i^s(t)(p_i(t) - V_i v(Q_i^s(t)) - \eta)$$

$$\Pi_i = \Gamma_i - K_i(t)(\rho - \delta)$$

gdzie p_i cena produktów firmy i, V_i koszty jednostkowe, $v(Q_i^s)$współczynnik wpływu ekonomii skali na koszty jednostkowe, ρ normalna stopa zwrotu kapitału, δ amortyzacja.

Warto powiedzieć, że proponowana procedura podejmowania decyzji przez firmy w istotny sposób różni się od neoklasycznego widzenia procesu decyzyjnego, w którym ceny wynikają z maksymalizacji zysku. W odróżnieniu od maksymalizacji w podejściu neoklasycznym, określanie cen poprzez maksymalizację kryterium O_1 nie jest dokonywane w sensie globalnym, ale czynione z roku na rok w sposób adaptacyjny. Oczywiście proponowane podejście należy traktować jako daleko idącą aproksymację procesu rzeczywistego. W istocie decydenci w firmach nie dokonują takiej optymalizacji z roku na rok, raczej działają oni w rutynowy sposób, starając się podejmować decyzje tak, by zapewnić dobre perspektywy rozwoju firmy w przyszłości i jednocześnie starając się utrzymać dochód firmy na względnie wysokim poziomie.

Zróżnicowanie produktów i konkurencja

Produktywność kapitału, zmienne koszty produkcji i charakterystyki produktów są funkcjami rutyn stosowanych przez każdą firmę (patrz Rys. 4). Każda rutyna może wpływać w różnorodny sposób na wiele charakterystyk produktów oraz na produktywność kapitału i jednostkowe koszty produkcji. W biologii jest podobnie, pojedynczy gen może wpływać na wiele cech fenotypowych organizmu; efekt taki nazywany jest plejotropowością. Podobnie każda z charakterystyk produktu oraz produktywność i koszty produkcji mogą zależeć od wielu różnych rutyn (co w biologii nazywane jest poligenicznością).

Zatem zakładamy, że istnieje pewna transformacja zbioru rutyn na zbiór charakterystyk produktów opisywanych przez m funkcji F_k:

$$z_k = F_k(r), \qquad d = 1,2,3,\ldots,m,$$

gdzie z_k jest wartością k-tej charakterystyki, m liczbą charakterystyk produktów, a r zbiorem rutyn aktywnych charakteryzujących daną firmę.

Atrakcyjność produktów na rynku zależy od wartości charakterystyk produktów (konkurencyjności technicznej produktów) i ich ceny. W sytuacji kiedy firmy wprowadzają innowacje, konkurencyjność techniczna zmienia się zależnie od dokonywanych modyfikacji rutyn stosowanych przed daną firmę lub w wyniku zastosowania zasadniczo odmiennej rutyny, dotychczas nie stosowanej przez żadną firmę. Z punktu widzenia konsumenta to jaka zastosowana została rutyna w trakcie wytwarzania danego produktu nie jest sprawa istotną. To co bezpośrednio interesuje konsumenta to wartości charakterystyk produktu. Zatem konkurencyjność techniczna nie jest bezpośrednią funkcją rutyn lecz zależy od wartości charakterystyk produktów. Zakładamy istnienie pewnej funkcji q umożliwiającej wyliczenie konkurencyjności technicznej w zależności od wartości charakterystyk technicznych danego produktu. Mówimy, że funkcja q opisuje krajobraz adaptacyjny w przestrzeni charakterystyk technicznych produktów. Funkcja ta (a zatem i kształt krajobrazu adaptacyjnego) zależeć może od wielu czynników zewnętrznych (np. w sferze polityki) i od zmian zachodzących w innych gałęziach przemysłu. Kształt krajobrazu adaptacyjnego zmienia się zatem w czasie, posiada wiele lokalnych optimów, niektóre ze szczytów przystosowawczych tracą na znaczeniu w miarę upływu czasu inne natomiast stają się wyższe.

Ostateczna konkurencyjność produktów c (tzn. pewien hipotetyczny wskaźnik, którym kierują się konsumenci przy zakupie produktów) zależy od konkurencyjności technicznej i ceny produktów

$$c(p,z) = \frac{q(z)}{p^{\alpha}}, \qquad z = (z_1, z_2, \ldots, z_m),$$

gdzie z to wektor charakterystyk technicznych produktu, p cena produktu, $q(z)$ konkurencyjność techniczna, α elastyczność ceny. Konkurencyjność c jest zatem analogiem wartości przystosowawczej (*fitness*) osobników biologicznych.

Przyjmujemy, że funkcja popytu zależy od wartości średniej ceny produktów oferowanych do sprzedaży na rynku. Wielkość produkcji $Q^d(t)$, którą klienci są gotowi kupić jest równa

$$Q^d(t) = \frac{M(t)}{p^e(t)},$$

gdzie $p^e(t)$ jest średnia ceną produktów oferowanych do sprzedaży a $M(t)$ jest wartością pieniędzy którą konsumenci gotowi są wydać na zakup danych produktów. Zakładamy, że wartość pieniędzy wydanych na zakup produktów jest równa

$$M(t) = N \exp(\gamma t)(p^e(t))^\beta,$$

gdzie N jest wielkością charakteryzującą początkowy rozmiar rynku, γ jest współczynnikiem wzrostu rozmiaru rynku w czasie, a β elastycznością ceny (stad elastyczność ceny w funkcji popytu jest równa $\beta-1$). Elastyczność β charakteryzuje rodzaj produktów (rodzaj rynku), możemy się spodziewać, że dla produktów podstawowych (koniecznych do życia, jak np. żywność, ubrania, mieszkania) β jest większa niż zero i mniejsza niż jeden (rynki dóbr nieelastycznych), natomiast dla produktów luksusowych (wyższego rzędu) β jest ujemne (rynki dóbr elastycznych).

Faktyczna wielkość produkcji sprzedanej na rynku $QS(t)$ jest równa mniejszej z dwóch wartości: (1) produkcji $Q^d(t)$ wynikającej z funkcji popytu, oraz (2) globalnej produkcji $Q^s(t)$ oferowanej przez wszystkie firmy do sprzedaży na rynku:

$$QS(t) = \min\{Q^d(t), Q^s(t)\}.$$

Generalnie rzecz biorąc, na rynku kupowane są produkty lepsze, tzn. te o większej konkurencyjności c_i. W miarę upływu czasu udział produktów lepszych kupowanych przez konsumentów rośnie. Udział $f_i(t)$ produktów firmy i w chwili następnej jest wyznaczany w oparciu o ogólne równanie selekcji postaci

$$f_i(t) = f_i(t-1)\frac{c_i(t)}{c^e(t)}$$

gdzie c_i konkurencyjność produktów firmy i, oraz c^e jest średnią ceną produktów oferowanych na sprzedaż,

$$c^e(t) = \sum_i f_i(t-1)\, c_i(t).$$

Wynika z tego, że rośnie udział produktów, których konkurencyjność jest większa niż konkurencyjność średnia, podczas gdy produkty o konkurencyjności mniejszej niż średnia są eliminowane z rynku.

Faktyczna wielkość produkcji firmy *i* sprzedanej na rynku jest równa

$$Q_i^d(t) = QS(t) f_i(t).$$

Powyższe rozważania opisują niejako idealną sytuację konkurencji produktów oferowanych na sprzedaż na danym rynku, kiedy zarówno globalna podaż równa się globalnemu popytowi, oraz popyt na specyficzne produkty każdej firmy *i* jest równy wielkości produkcji oferowanej na sprzedaż przez tę firmę. Oczywiście sytuacja taka występuje niezmiernie rzadko, dlatego te ogólne równania selekcji powinny być dopasowane do sytuacji rzeczywistej, kiedy występować mogą niezrównoważenia zarówno popytu i podaży w skali całego przemysłu (globalnie) jak i popytu i podaży na produkty pojedynczych firm. Dostosowanie tych ogólnych równań do sytuacji niezrównoważonego popytu i podaży przedstawione jest, m.in., w (Kwaśnicki, 1994/96).

Wyniki symulacji modelu

W (Kwaśnicki, 1994/96; rozdziały 6 i 7) przedstawiono wyniki symulacji proponowanego, ewolucyjnego modelu rozwoju przemysłu – analizę jego własności w stanie równowagi (podobnie jak czyni to ekonomia neoklasyczna) oraz badanie wpływu innowacji na charakter rozwoju przemysłu. Poniżej przedstawione wyniki symulacji dotyczą analizy zachowania się modelu przy różnych koncentracjach przemysłu, analizy wpływu funkcji popytu na charakter rozwoju przemysłu oraz analizy różnych możliwości poszukiwania innowacji przez konkurujące firmy.

Koncentracja przemysłu

W tradycyjnych podręcznikach ekonomii rozpatrywane są z reguły cztery podstawowe struktury rynku (przemysłu): czysty monopol, oligopol (w tym także duopol), czysta konkurencja i konkurencja monopolistyczna. Po to by wyjaśnić proces kształtowania się cen i zysków przy różnych typach koncentracji przemysłu ekonomia tradycyjna posługuje się takimi pojęciami jak: funkcje podaży i popytu, koszty krańcowe, koszty średnie, średnie zmienne koszty jednostkowe, krańcowy dochód, itp. Czytając rozdziały poświęcone tym

problemom odnieść można wrażenie, że różne struktury rynku pojawiają się pod działaniem różnych mechanizmów rozwoju. Wydaje się to co najmniej dziwne, naturalnym byłoby przyjęcie, że mechanizmy rozwoju są niezmienne, że te same mechanizmy kształtują ceny, zyski, wielkość produkcji itp. na rynkach o różnych strukturach. Różnice rozwoju przy różnych koncentracjach przemysłu powinny być wynikiem działania takich samych mechanizmów rozwoju a nie wynikiem żonglowania różnego rodzaju krzywymi podaży, popytu, kosztu średniego, kosztów krańcowych itp. (jak to często robione jest w podręcznikach do nauki ekonomii). Nie wynika z tego, że wnioski jakie wypływają z rozważań ekonomii neoklasycznej są zawsze błędne, z reguły odzwierciedlają one to co obserwowane jest w procesach rzeczywistych. Czy jednak analiza proponowana przez ekonomię neoklasyczną pozwala na lepsze zrozumienie procesów gospodarczych?

By wykazać, że zysk nadzwyczajny w długim okresie czasu równy jest zero, tradycyjna ekonomia zakłada nieskończoną liczbę konkurujących firm na rynku. W rzeczywistości liczba konkurujących firm jest zawsze ograniczona. Możemy się spodziewać, że przypadek konkurencji czystej będzie dobrze aproksymowany przy dostatecznie dużej, ale skończonej, liczbie konkurujących firm. Praktycznym pytaniem jest zatem, jak duża liczba firm może być uznana za tą, która dobrze przybliża przypadek czystej konkurencji? Przedstawiony powyżej model pozwala nam na uzyskanie odpowiedzi na to pytanie. Załóżmy, że na rynku operuje stała, z góry założona liczba jednakowych firm produkująca takie same wyroby (jest to zatem tradycyjne założenie ekonomii neoklasycznej). Pozwólmy firmom konkurować przez określenie takiej ceny na ich produkty by uzyskiwały one zadowalające wyniki (tzn. w danej chwili, dla aktualnych warunków firmy dążą do maksymalizacji kryterium O_1 funkcjonowania firmy). Zmienną kontrolną w tych eksperymentach jest liczba konkurujących firm. Wyniki dla dwóch wartości normalnej stopy zwrotu kapitału ρ (równej zero i 5%) przedstawione są w Tabeli 1. Normalna stopa zwrotu kapitału ρ odpowiada normalnemu zyskowi, mówiąc językiem ekonomii ortodoksyjnej, wpisanemu w neoklasyczną krzywą popytu.

Wartość naturalnego zwrotu kapitału może być uznana za wynikającą z rozwoju całej gospodarki i (w pierwszym przybliżeniu) nie zależy od rozwoju pojedynczego sektora przemysłu. Dlatego w sytuacji rozpatrywania rozwoju jednego sektora przemysłu stopa ta może być uznana za zmienną egzogeniczną. Zysk uzyskany przez firmy dla $\rho=0$ mogą być uznane za zysk 'naturalny' występujący w sytuacji kiedy cała gospodarka zbliża się do stanu czystej konkurencji (co praktycznie nigdy nie jest osiągalne). Wyniki symulacji modelu dla obu wartości stopy zwrotu kapitału są jakościowo zgodne z tym co obserwujemy w procesach

rzeczywistych i zgodne z wnioskami ekonomii tradycyjnej. Różnicą, na którą warto zwrócić uwagę jest to, że wnioski ekonomii tradycyjnej wynikają z założenia, że firmy maksymalizują zysk, podczas gdy w modelu ewolucyjnym kryterium funkcjonowania firm jest kombinacja celu krótko-terminowego (maksymalizacja dochodu, w istocie zysku w rozumieniu podręcznikowym) i celu długookresowego (maksymalizacja udziału na rynku). Jednym z ekstremalnych przypadków jest monopol (kiedy zysk monopolisty jest równy ok. 150%), drugim czysta konkurencja (kiedy zysk jest równy zero). Jak widać w Tabeli 1, ze wzrostem liczby konkurujących firm zysk bardzo szybko spada, dla dwunastu firm zysk ten jest już bardzo bliski zeru (stosunek zysku do kapitału jest równy ok. 10^{-7}). Dynamika zmian silnie zależy od koncentracji przemysłu. Przy tych samych warunkach początkowych, stan równowagi osiągany jest szybciej przy bardziej skoncentrowanych przemysłach. Dla mniej niż ośmiu konkurentów stan równowagi osiągany jest w ciągu 20-40 lat, dla sytuacji czystej konkurencji (tzn. dla ponad 15 konkurujących firm) stan ten osiągany jest po 80-120 latach. Przedstawione tutaj wyniki symulacji, jak i wiele innych nie publikowanych, sugerują, że dla typowych warunków obserwowanych w wielu rzeczywistych gałęziach przemysłu za stan bliski pełnej konkurencji może być uznany ten kiedy indeks koncentracji Hirschmana-Herfindahla odpowiada 12 firmom.

Przyglądając się przedstawionym w Tabeli 1 wynikom zauważyć możemy, że dla bardziej skoncentrowanych przemysłów istnieje pewna ‘wymiana’ pomiędzy stopą zysku (tzn. stosunku zysku do kapitału) i normalną stopą zwrotu kapitału. Kiedy normalna stopa zwrotu kapitału wzrasta z 0 do 5% to równocześnie, przy tej samej cenie spada bieżąca stopa zysku firmy. Ta ‘wymiana’ występuje aż do momentu, kiedy doprowadziłaby ona do strat firm (‘zysku ujemnego’); kiedy ten moment zostaje osiągnięty, firmy (w stanie równowagi) decydują się na podniesienie ceny produktów i uzyskanie zysku zerowego (zadowalając się jedynie normalną stopą zwrotu kapitału); w symulacjach sytuacja taka wystąpiła dla dziewięciu i więcej konkurentów. Dodatnia normalna stopa zwrotu kapitału powoduje także zmniejszenie współczynnika zysku do wartości sprzedaży, jednakże nie występuje tutaj wspomniana wyżej, pełna wymiana pomiędzy tymi dwiema stopami. Zmniejszenie współczynnika zysku do wartości sprzedaży jest zawsze mniejsze niż wzrost normalnego zwrotu kapitału. Zatem możemy powiedzieć, że wzrost stopy procentowej depozytów w banku (od której w dużym stopniu zależy normalna stopa zwrotu kapitału) w niewielkim stopniu wpływa na wielkość ceny równowagowej w gałęziach o wysokim stopniu

koncentracji natomiast powoduje wzrost cen na rynkach o niskiej koncentracji (bliskim konkurencji doskonałej).

Podobny do wpływu normalnej stopy zwrotu kapitału jest też wpływ zmian wartości stopy amortyzacji δ (deprecjacji) kapitału. W sytuacji dodatniej stopy zysku zmniejszenie amortyzacji np. o 5% powoduje wzrost stopy zysku też o 5%. Dlatego możemy oczekiwać, że dla gałęzi o dużej koncentracji, wzrost amortyzacji (lub też wzrost normalnej stopy zwrotu kapitału) nie będzie istotnie wpływał na zmianę ceny produktów, jednakże dla gałęzi o niskiej koncentracji, kiedy wiele firm konkuruje ze sobą, wzrost ten powinien odbić się na wzroście cen produktów tychże firm.

Dynamika zmian zależy też od początkowej struktury przemysłu. W poprzednich eksperymentach zakładaliśmy, że na początku symulacji wszystkie firmy miały tę samą wielkość produkcji. Załóżmy teraz, że początkowe firmy nie są jednakowe i występuje zróżnicowanie w obrębie przemysłu, tzn. początkowo istnieją zarówno firmy duże, średnie jak i małe. Interesować nas będzie szybkość dochodzenia do stanu równowagi i szybkość zmian koncentracji przemysłu. Wartości indeksu koncentracji Hirschmana-Herfindahla dla chwili początkowej oraz dla t = 100 i 200 przedstawiono w Tabeli 2. Dla względnie dużej koncentracji (tzn. dla mniej niż ośmiu firm) nie ma istotnych różnic w dynamice zmian w eksperymentach z równomiernymi i nierównomiernymi rozkładami wielkości firm na początku symulacji. Dzieje się tak dlatego, że dla dużej koncentracji przemysłu obserwowana jest szybka uniformizacja rozkładu wielkości firm. Okazuje się, że im większa koncentracja przemysłu tym szybciej małe firmy 'doganiają' duże – w Tabeli 2 podano wartości czasu T_e po którym rozkład wielkości firm staje się równomierny. Dla małych koncentracji przemysłu szybkość dochodzenia do stanu równowagi jest wyraźnie mniejsza, nie występuje też tak silna tendencja do uniformizacji rozkładu wielkości firm. Obserwujemy wręcz tendencję do zachowywania początkowego rozkładu wielkości firm (porównajmy wartości n_H dla lat 0, 100 i 200 w Tabeli 2). Możemy zatem spodziewać się, że w przypadku braku innowacji, wejście nowych firm na rynek jest utrudnione w przemysłach o niskiej koncentracji i jest łatwiejsze przy dużych koncentracjach przemysłu.

Wniosek ten znajduje potwierdzenie w następującym eksperymencie symulacyjnym: zakładamy, że początkowo istnieje na rynku n jednakowych firm, w pewnym momencie na rynek wchodzi mała firma (o początkowym udziale 0.5%). Interesuje nas po jakim czasie firma ta będzie miała taki sam udział jak wszystkie pozostałe firmy. Okazuje się, ze im mniejsza liczba firm na rynku tym łatwiej firma wchodząca osiąga duży udział na rynku, dla

jednej firmy (tzw. początkowego monopolu) osiągnięcie 50% udziału przez firmę nową wymaga 9 lat; dla dwóch, trzech i czterech firm czas T_e jest równy odpowiednio 16, 22 i 35 lat. Jak widać na Rys. 5 czas ten rośnie eksponencjalnie (a nawet hiperbolicznie) wraz z liczbą konkurujących firm; dla sześciu firm czas ten jest równy 98 lat, a dla 7 firm aż 195 lat. Dla większej liczby konkurujących firm warunki konkurencji wymuszają tak niską cenę, że nowo wchodząca firma nie ma możliwości zgromadzenia odpowiednio dużego kapitału by rozwijać się i jej udział na rynku stabilizuje się zwykle na bardzo niskim poziomie (wzrost ceny na produkty tej firmy zwiększyłby jej dochody ale jednocześnie zmniejszyły konkurencyjność jej produktów). Te i wiele innych eksperymentów symulacyjnych pokazują jak bardzo istotna jest rola swobodnego wejścia firm na rynek zarówno w kształtowaniu struktury rynku, dynamiki rozwoju przemsyłu oraz większych korzyści konsumentów wynikających ze zwiększonej konkurencyjności i niskiej koncentracji gałęzi przemysłu.

We wszystkich dotychczasowych symulacjach nie występowały innowacje, zatem mieliśmy przypadek konkurencji cenowej. Jak widzimy wejście na rynek nowej firmy może być w niektórych sytuacjach bardzo utrudnione. Jedynym sposobem na pokonanie tej bariery wejścia jest wprowadzenie przez firmę wchodzącą istotnie lepszego technologicznie produktu (czyli wprowadzenie innowacji technologicznej) lub produkowanie tych samych produktów po niższych kosztach (wprowadzenie innowacji w procesie produkcji).

Funkcja popytu

Proponowany model symulacyjny umożliwia badanie zachowania się firm przy warunkach trudnych do uwzględnienia przez ekonomię neoklasyczną. Rzadko ekonomia neoklasyczna rozważa problem wpływu kształtu funkcji popytu na charakter zmian na rynku. Proponowana funkcja popytu ma dwa parametry: szybkość wzrostu rynku γ i elastyczność ceny β. Pełniejsza analiza modelu przedstawiona jest w (Kwaśnicki 1994/96), tutaj przedstawimy wyniki symulacji dla różnych wartości elastyczności ceny.

Jak wspomniano, elastyczność cenowa popytu jest równa β-1, zatem możemy powiedzieć, że dla rynków elastycznych wartość β jest ujemna natomiast dla rynków nieelastycznych β jest dodatnie. To jak elastyczność ceny (w naszym modelu kontrolowana przez wartość β)

wpływa na charakter rozwoju przemysłu zależy w dużym stopniu od jego koncentracji. W przypadku czystej konkurencji (w naszych sytuacjach dla 16 i więcej firm) charakterystyki rozwoju są niemalże takie same w całym zakresie zmian elastyczności β (np. zysk jest równy zero i cena utrzymywana jest zawsze na tym samym poziomie). Dla przemysłu o mniejszej koncentracji zachowanie modelu silnie zależy od wartości β. Wyniki symulacji modelu dla β zmieniającego się od –1 do 1 i dla różnej liczby firm konkurujących na rynku przedstawiono na Rys. 6. Zakres zmian wybranych charakterystyk rozwoju jest dosyć duże dlatego wyniki przedstawiono w skali logarytmicznej. Jak można było oczekiwać dla tej samej wartości β zysk i cena są tym większe im większa jest koncentracja przemysłu. Natomiast charakter zmian jest wyraźnie różny dla różnych koncentracji przemysłu. Dla średnich koncentracji (np. dla ośmiu firm) ze wzrostem β zysk rośnie stosunkowo niewiele, przykładowo dla β= –1 stosunek zysku do kapitału jest równy 0,14% a dla β=1 rośnie do 3,1%,; odpowiednie wartości stosunku cena/koszt są równe 1.30 dla β= –1 i 1.36 dla β=1.

Dla przemysłów o większej koncentracji zmiany β silnie wpływają na charakter rozwoju przemysłu. Podczas gdy dla przemysłów o średniej koncentracji zależności te są niemalże linowe, to dla wyższych koncentracji przemysłu stają się eksponencjalnie. Przykładowo, dla czterech firm zysk rośnie z 12,7% dla β= –1 do 19,4% dla β=0 i 30,4% dla β=1; dla duopolu wartości dla β=–1, 0 i 1 są równe odpowiednio 27,4%, 63,8% i 544%. Stosunek ceny do zysku dla czterech firm rośnie od 1,55 dla β=–1 do 1,69 dla β=0 i 1,91 dla β=1, natomiast dla duopolu marża jest równa 1.85, 2.58, oraz 12,2 dla β równego odpowiednio –1, 0, 1. Specyficznym przypadkiem jest sytuacja monopolu. Dla ujemnych wartości β obserwujemy hiperboliczny wzrost zysku i cen; dla β=–1 stosunek zysku do kapitału równia się 34,3% i marża równa 1,99, ale dla β=0 zysk do kapitału rośnie już do 7355%, a marża do 148.4. Dla wartości niewiele większych od zera (np. dla b=0,005) zachowanie modelu jest jeszcze stabilne (choć wartości zysku i marży są już niewyobrażalnie wysokie, odpowiednio 28 198% i 565). Dla β powyżej tych wartości zachowanie staje się niestabilne i cena zaczyna rosnąc do nieskończoności.

Możemy zatem powiedzieć, że rynki dóbr luksusowych (dla których elastyczność β jest ujemna) wymuszają większą konkurencyjność dla oligopolu, a nawet dla monopolu i duopolu, w tym sensie, że firmy zmuszone są do ustalania ceny w stanie równowagi na stosunkowo niskim poziomie i zadowalają się względnie małym zyskiem. Sytuacja jest odmienna dla rynków dóbr podstawowych, duża koncentracja przemysłu doprowadza do dużego wzrostu

cen i pozwala firmom na uzyskanie dużych zysków. Jednym wyjściem na obniżenie cen jest 'wymuszenie' dużej konkurencji na tego typu rynkach, np. poprzez umożliwienie firmom swobodnego wejścia na rynek i nie stwarzanie żadnych barier celnych czy podatkowych (a nie jak to często jest sugerowane przez kontrolę funkcjonowania rynku przez agendy rządowe).

Innowacje - szukanie po omacku

Wynalazki i innowacje powstają dzięki współgraniu wielu różnych mechanizmów poszukiwania nowych rozwiązań. Dychotomicznie strategie poszukiwania nowości można podzielić na: poszukiwanie innowacyjne (tzn. próby znajdowania rzeczywistych nowości poprzez autonomiczne badania prowadzone przez daną firmę) oraz naśladownictwo (tzn. poszukiwanie nowych rozwiązań poprzez rekombinacje rozwiązań istniejących). W obrębie poszukiwań innowacyjnych wyróżnić możemy także dwa mechanizmy, mianowicie poszukiwanie nowości poprzez względnie małe ulepszenia rozwiązań istniejących i poszukiwanie nowych rozwiązań poprzez zasadniczą 'przebudowę' rozwiązań istniejących. Nazwijmy te pierwszą strategię (poprzez umiarkowane modyfikacje) 'mutacją' a strategie poszukiwania innowacji radykalnej 'rekrudescencją'. Wszystkie wspomniane mechanizmy poszukiwania innowacji są istotne z punktu długookresowego rozwoju firm (przemysłu, gospodarki). Mutacje umożliwiają dostosowanie aktualnych rozwiązać (technologii) do lokalnych potrzeb środowiska gospodarczego, do nadążania za stałymi, choć drobnymi, zmianami warunków zewnętrznych funkcjonowania firm oraz zmianami gustów konsumentów. Rekombinacje (naśladownictwo) umożliwiają względnie szybkie rozprzestrzenianie się (dyfuzję) innowacji, umożliwiają też znajdowanie nowych rozwiązań przez wypróbowywanie nowych kombinacji rozwiązań istniejących. Współdziałanie mutacji i naśladownictwa umożliwia znacznie szybszy rozwój oraz zwiększa konkurencyjność w obrębie przemysłu. Mutacje i rekombinacje działają stale w trakcie rozwoju przemysłu, są istotnymi siłami pozwalającymi każdej firmie utrzymywać swoją pozycję na rynku, lub też (przy odrobinie szczęścia) uzyskać chwilową pozycję dominującą.[3]

---

[3] Rozwój ewolucyjny (w tym także rozwój technologiczny) przypomina podróż Alicji z Czerwoną Królową z „Drugiego Kwadratu' do „Ósmego Kwadratu" w „Ogrodzie o Żywych Kwiatach":
„... biegły trzymając się za ręce, a Królowa posuwała się tak szybko, że zaledwie mogła dotrzymać jej kroku, lecz królowa ciągle wołała: – Prędzej! Prędzej! – Alicja czuła, że prędzej już *nie może* ....
Ale najdziwniejsze w tym wszystkim było to, że drzewa i reszta otoczenia w ogóle nie zmieniały miejsca: bez względu na to, jak szybko pędziły, nie mijały niczego. [...]

Wydaje się, że rekrudescencja ma zasadniczo odmienny charakter, odzwierciedla ona często obserwowane w procesie twórczym zjawiska nazywane jako objawienie, wizja, 'przebłysk idei' (*bisociation* – Arthur Koestler), czy zmiana postaci (*gestalt-switch* – Karl Popper). W przeciwieństwie do mutacji i naśladownictwa, rekrudescencja praktycznie nie jest widoczna w trakcie 'normalnego' procesu badawczego, dlatego też może być nazwaną 'mechanizmem drzemiącym'. Uaktywnia się w okresach stagnacji, kiedy możliwości dalszego rozwoju wydają się być na wyczerpaniu. W tych stosunkowo krótkich okresach stagnacji, generowana jest duża liczba pomysłów (wynalazków). Większość z nich jest bezużyteczna ale niektóre, bardzo nieliczne, otwierają drogę innowacjom radykalnie zmieniającym dotychczasowy charakter rozwoju. Te radykalne innowacje przykuwają uwagę wielu badaczy widzących w nich duże możliwości dalszych ulepszeń. W efekcie wysiłek badawczy opisywany przez nas jako rekrudescencja maleje i większość innowacji znów generowana jest poprzez mutacje i naśladownictwo w trakcie 'normalnego' procesu badawczego. Jako hipotezę możemy powiedzieć, że współczynnik rekrudescencji jest silnie skorelowany z rozwojem gospodarczym – w okresie prosperity, kiedy widoczny jest stały wzrost gospodarczy, rekrudescencja jest prawie niezauważalna, pojawia się, i staje się kluczowym mechanizmem rozwoju, w stosunkowo krótko trwających okresach depresji i stagnacji.

W rzeczywistości wszystkie mechanizmy generowania działają równocześnie w każdym momencie rozwoju gospodarczego Wydaje się jednak interesującym wyizolowanie każdego z tych mechanizmów i zbadanie jaki jest charakter rozwoju gospodarczego przy działaniu tylko jednego mechanizmu generowania nowych rozwiązań. Jak wspomnieliśmy, krajobraz adaptacyjny może zmieniać swój kształt w czasie i taki dynamiczny krajobraz łatwo można użyć w symulacjach proponowanym modelu. Utrudniałoby to jednak wyciąganie wniosków dotyczących charakteru zmian gospodarczych, dlatego, by kontrolować warunki

---

Prędzej! Prędzej! – I pomknęły tak szybko, że w końcu niemal uniosły się w powietrze, zaledwie dotykając ziemi stopami, aż nagle, gdy Alicja była już bliska zupełnego wyczerpania, zatrzymały się i przysiadła na ziemi, zupełnie bez tchu, czując zawrót głowy. [...]

Alicja rozejrzała się z ogromnym zdumieniem. – Jak to, przecież jestem pewna, ze przez cały czas stałyśmy pod tym drzewem! Wszystko jest takie samo, jak było!

– Oczywiście, że jest – powiedziała królowa. – Czy chciałabyś, żeby było inaczej?

– Cóż, w *naszym* kraju – powiedziała wciąż jeszcze zdyszana Alicja – zwykle jest się w innym miejscu [...] jeżeli biegło się tak szybko i tak długo, jak my biegłyśmy.

– Musi to być powolny kraj! – powiedziała królowa. – Bo *tu*, jak widzisz, trzeba biec tak szybko, jak się *potrafi*, żeby zostać w tym samym miejscu. Jeżeli chce się znaleźć w innym miejscu, trzeba biec co najmniej dwa razy szybciej!" (Lewis Carrol, 1975, *Przygody Alicji w krainie czarów. O tym, co Alicja odkryła po drugiej stronie lustra*, Warszawa: Czytelnik. Przełożył Maciej Słomczyński. str. 169-71).

eksperymentów symulacyjnych, rozsądnym wydaje się uprościć nieco sytuację i przyjąć na początek stabilny, nie zmieniający się kształt krajobrazu adaptacyjnego (tzn. funkcja $q(z)$ nie zależy od czasu). W eksperymentach przedstawionych w tym artykule przyjmujemy stabilny, dwuwymiarowy krajobraz adaptacyjny z czterema szczytami o wartościach odpowiednio: 1.0, 1.5, 2.0, 2.5; przedstawiony na Rys. 7. Wartości $q(z)$ odzwierciedlają (zależne od dwóch charakterystyk produktów) względne preferencje konsumentów. Pomnożenie funkcji q przez dowolna dodatnia liczbę nic nie zmienia w zachowaniu się modelu. Zatem, przykładowo, rozwiązania w okolicach drugiego co do wysokości szczytu są o ok. 50% lepsze od rozwiązań wokół najniższego szczytu.

Początkowe wartości charakterystyk produktów produkowanych przez firmy w momencie rozpoczęcia symulacji znajdują się blisko najniższego szczytu, jak możemy się spodziewać, w pierwszym okresie rozwoju firmy będą ewoluować w kierunku najniższego szczytu i następnie będą się starały znaleźć lepsze rozwiązania wokół jednego z wyższych szczytów. Warte jest podkreślenia, że firmy nie znają krajobrazu adaptacyjnego w całości, mogą jedynie poznać jego lokalne wartości (lokalny kształt) poprzez dokonywanie eksperymentów – podczas procesu badawczego firmy dokonują oceny znajdowanych nowych rozwiązań, oszacowując wartości konkurencyjności technicznej produktów o danych wartościach ich charakterystyk. Wszystkie takie eksperymenty oznaczone są na Rys. 7 kropkami (pikselami) na tle krajobrazu adaptacyjnego. Tylko wartości konkurencyjności w punktach oznaczonych kropkami znane są firmom. Można powiedzieć, że kropki te oznaczają wszystkie wynalazki znalezione przez firmy w trakcie rozwoju przemysłu. Liczba i gęstość kropek świadczy również o intensywności poszukiwań w danych obszarach krajobrazu adaptacyjnego Niektóre z tych wynalazków są stosowane przez firmy w praktyce i stają się innowacjami. Średnie wartości charakterystyk produktów liczone dla wszystkich firm wytwarzających na rynek oznaczone są na Rys. 7 kwadratami. Mówimy, że średnie wartości charakterystyk wyznaczają trajektorię rozwoju całego przemysłu. Gęstość tych kwadratów daje też wyobrażenie o dynamice zmian w obrębie całego przemysłu, czym odleglejsze są kwadraty od siebie tym szybsze są zmiany technologiczne.

W pierwszym eksperymencie (Rys. 7a) założono, że nowe rozwiązanie może być wygenerowane tylko przez mutację, tzn. rozwój każdej firmy zależy jedynie od jej własnych badań i nie istnieje możliwość wykorzystywania rozwiązań innych firm. Firmy dążą niemalże bezpośrednio po najkrótszej drodze do najniższego szczytu i tam pozostają do końca symulacji. Wydłużanie czasu symulacji nie przynosić efektów, firmy mimo wszystko nie są w

stanie znaleźć lepszych rozwiązań wokół wyższych szczytów adaptacyjnych. Zakres poszukiwań nie jest duży. Jeśli dodamy możliwość naśladowania (rekombinacji; zatem i wymiany wiedzy pomiędzy firmami; patrz Rys. 7b) zmiany są wyraźnie szybsze; podobnie zakres poszukiwań jest większy. Jednakże jak pokazuje bliższa analiza wyników, różnorodność stosowanych rozwiązań w obrębie przemysłu jest znacznie mniejsza. Widać to również na Rys. 8 i 9, gdzie przestawiono zmianę w czasie maksymalnych (minimalnych) oraz średnich wartości konkurencyjności technicznej i jednostkowych kosztów produkcji. Widać, że różnica pomiędzy wartościami ekstremalnymi (maksimum konkurencyjności i minimum kosztów) a wartościami średnimi jest znacznie mniejsza w przypadku pozwolenia firmom na naśladownictwo innych rozwiązań. Trajektorie rozwoju w obu tych przebiegach są trochę różne, choć w obu występuje podobna tendencja ewoluowania w kierunku najbliższego szczytu.

Na podstawie wyników wielu dokonanych eksperymentów symulacyjnych można sądzić, że wymiana wiedzy (naśladownictwo) pozwala na wyraźnie szybszy i bardziej ‘gładki’ rozwój. Jednakże również i rekombinacje nie pozwalają na znalezienie rozwiązań na innych szczytach adaptacyjnych. Zwiększanie prawdopodobieństw mutacji i rekombinacji przyspiesza rozwój w kierunku najbliższego szczyty nie pozwala jednak na jego opuszczenie, tzn. ucieczkę ze swego rodzaju pułapki ewolucyjnej. Jak pokazują te i inne eksperymenty symulacyjne, jedynym mechanizmem, który umożliwia ucieczkę z lokalnego szczylu (pułapki ewolucyjnej) jest rekrudescencja. W trzecim prezentowanym eksperymencie rekrudescencja została dodana do zbioru mechanizmów generowania wynalazków. Do roku 50. wynalazki generowane były dzięki mutacjom i rekombinacjom (jak w poprzednim eksperymencie). W tym roku populacja firm znajduje się blisko najniższego szczytu, wartości średnie konkurencyjności technicznej wchodzą w nasycenie, wydaje się, że możliwości znajdowania nowych rozwiązań wyczerpują się (stagnacja). W 50. roku zwiększone zostają prawdopodobieństwa tranzycji i transpozycji (czyli rekrudescencji) w efekcie czego w 54 roku znalezione zostaje lepsze rozwiązanie w okolicach trzeciego co do wysokości szczytu,. W następnym roku prawdopodobieństwo tranzycji zmniejszone zostaje do zera i nowe rozwiązania generowane mogą być jedynie dzięki mutacjom i rekombinacjom. Populacja firm zmierza w ciągu następnych dziesięcioleci do trzeciego szczytu; ok. roku 100 niemalże cały przemysł produkuje produkty o charakterystykach wokół tego szczytu. Ponownie dalsze możliwości rozwoju wyczerpują się i na kilka lat 'włączany' jest mechanizm rekrudescencji. Stosunkowo szybko znajdowane jest rozwiązanie w okolicach najwyższego szczytu i w ciągu

następnych dziesięcioleci firmy przenoszą się w okolice tego szczytu (patrz trajektoria na Rys. 7c). Zakres poszukiwań nowych rozwiązań (wynalazków) jest znacznie większy niż w obu poprzednich eksperymentach, trzeba jednak powiedzieć, że nie wszystkie wynalazki daleko od szczytów przystosowawczych generowane są przez mechanizm rekrudescencji, większość z nich powstaje w wyniku rekombinacji rozwiązań z dwóch odległych szczytów. Na rysunkach 8c i 9c przedstawiono zmiany konkurencyjności technicznej i kosztów jednostkowych w tym eksperymencie, widać wyraźnie skokowy charakter zmian frontu badań.

Można powiedzieć, że rekrudescencja działa na zasadzie spustu (swego rodzaju cyngla) inicjując fazę radykalnych zmian. Nie wszystkie wynalazki pozwalające na ulepszenia techniczne produktów (zwiększające konkurencyjność techniczną) są akceptowane przez firmy i wprowadzane do produkcji. Często zdarza się, że takiemu radykalnie lepszemu rozwiązaniu technicznemu towarzyszy pogorszenie się produktywności kapitału lub zwiększenie kosztów produkcji. Tego rodzaju wynalazki nie są akceptowane przez firmy z czysto ekonomicznego punktu widzenia. Konieczność skorelowania zmian technologicznych z czynnikami ekonomicznymi (produktywnością i kosztami produkcji, oraz innymi równie istotnymi jak np. zdolnościami inwestycyjne firmy) powoduje, że wiele bardzo obiecujących rozwiązań technicznych nie jest nigdy wprowadzanych do praktyki. Możemy zatem powiedzieć, że prawdopodobieństwo znalezienia radykalnej innowacji jest znaczne mniejsze niż znalezienie radykalnego wynalazku technicznego.

Pojawienie się radykalnej innowacji jest swego rodzaju skokiem (widocznym np. w przebiegu maksymalnej konkurencyjności technicznej, czy minimalnym koszcie produkcji), jednakże przejście z jednego do drugiego szczytu przystosowawczego nie jest procesem skokowym, jest to raczej ciągła i stosunkowo wolniejsza transformacja całego przemysłu. Główną przyczyną takich gradualnych zmian jest to, ze konkurencyjność produktów zależy od konkurencyjności technicznej i ceny. By utrzymać konkurencyjność produktów na względnie wysokim poziomie firmy produkujące trochę gorsze z technicznego punktu widzenia produkty obniżają ich cenę, natomiast firmy produkujące lepsze technicznie produkty oferują je za większą cenę (przez to obniżają trochę konkurencyjność produktów) po to by uzyskać trochę większy zysk i zgromadzić kapitał na dalszy rozwój firmy. W efekcie wartości konkurencyjności firm produkujących produkty nowoczesne i gorsze są zbliżone – znacznie mniejsze niżby wskazywały na to wartości konkurencyjności technicznej obu typów produktów. Dlatego też eliminowanie przestarzałych produktów z rynku nie jest zbyt szybkie, przypomina raczej stały, gradualny proces wypierania gorszych produktów przez produkty

zaawansowane technologicznie. W niektórych sytuacjach faza substytucji może trwać stosunkowo długo.

Czynniki przypadkowe odgrywają zasadniczą rolę w długookresowym rozwoju przemysłu. Możemy powiedzieć, ze trajektoria rozwoju w kierunku lokalnego jest w większym lub mniejszym stopniu predeterminowana, jednakże po osiągnięciu lokalnego szczytu kierunek dalszego rozwoju jest nieokreślony i bardzo trudny do przewidzenia. Najwyższy szczyt może być osiągnięty różnymi drogami. W przedstawianym przykładzie może się zdarzyć, że najwyższy szczyt zostanie osiągnięty w sposób bezpośredni, zaraz po dotarciu do szczytu najniższego (Rys. 10b, i Rys. 11b, także Rys. 12 gdzie przedstawiono wszystkie cztery trajektorie rozwoju na tle krajobrazu adaptacyjnego) lub pośrednio poprzez jeden ze szczytów lokalnych (drugi najniższy, Rys. 10a i 11a, lub też trzeci szczyt, Rys. 7c, 8c, 9c).

Wyniki interesującego przebiegu przedstawiono na Rysunkach 10c i 11c. Jak widzimy trajektoria przebiega gdzieś pośrodku pomiędzy szczytem najwyższym i trzecim. Dzieje się tak dlatego, że ok. połowa produkcji globalnej przemysłu to produkty najlepsze technicznie o charakterystykach wokół szczytu najwyższego, druga polowa produkcji to produkty o charakterystykach wokół szczytu niższego (drugiego co do wysokości). Ta specyficzna sytuacja współistnienia produktów zaawansowanych technologicznie i produktów gorszych nie jest czymś wyjątkowym w procesach gospodarczych. Wspominamy o tym bo eksperyment ten wskazuje na specyfikę rozwoju gospodarczego widzianego z perspektywy ewolucyjnej. Jak wspomnieliśmy konkurencyjność produktów zależy od konkurencyjności technicznej i ceny. Tak się złożyło w tym eksperymencie symulacyjnym, że wysokiej konkurencyjności technicznej produktów wokół najwyższego szczytu towarzyszą wyższe koszty produkcji i odwrotnie gorszym z technicznego punktu widzenia produktom o charakterystykach wokół trzeciego szczytu towarzyszą niższe koszty produkcji. Firmy produkujące zaawansowane technicznie produkty zmuszone są sprzedać produkty po wyższej cenie natomiast firmy produkując produkty technicznie gorsze, dzięki niższym kosztom produkcji mogą obniżyć cenę produktów. W efekcie konkurencyjność obu rodzajów produktów jest zbliżona, a nawet pod koniec symulacji konkurencyjność produktów technicznie gorszych jest większa niż tych lepszych. W wyniku działania efektu plejotropowego obniżenie kosztów wytwarzania produktów o charakterystykach wokół najwyższego szczytu okazuje się bardzo trudne. Często znajdowane są produkty o niższych kosztach produkcji ale towarzyszy temu także obniżenie wskaźnika konkurencyjności technicznej, co okazuje się dla firm nie do zaakceptowania.

Uwagi końcowe

Wszystkie procesy ewolucyjne, poczynając od ewolucji biologicznej, przez rozwój kulturowy, społeczny i technologiczny, oraz rozwój naszej wiedzy indywidualnej, mają pewne wspólne własności. Proces ewolucyjny jest ze swej natury procesem dynamicznym i historycznym, w którym globalne charakterystyki rozwoju są rezultatem aktywności elementów indywidualnych (osobników w populacjach biologicznych, firm (w rozwoju gospodarczym), badaczy (jeśli rozpatrujemy proces rozwoju wiedzy), itp.). Podstawowymi cechami procesów ewolucyjnych jest różnorodność i heterogeniczność zachowań. Dobór (selekcja) oraz poszukiwanie nowych rozwiązań są dwoma podstawowymi mechanizmami rozwoju. Jednakże powinniśmy pamiętać, ze każdy pojedynczy proces ewolucyjny ma swoją specyfikę. W przypadku procesów gospodarczych takimi wyróżniającymi cechami, które wymuszają specyficzne widzenie rozwoju gospodarczego jako procesu ewolucyjnego, są inwestycje, tworzenie kapitału oraz ceny. Mechanizmy poszukiwania nowych rozwiązań (innowacji) wydają się być wspólne wszystkim procesom ewolucyjnym. Dlatego też w przedstawionym modelu ten fragment został wyraźnie zapożyczony z naszego wcześniejszego modelu ewolucji populacji biologicznych. Widać to wyraźnie w używanej nomenklaturze (mutacje, rekombinacje – pojęcia tak dobrze znane w modelach ewolucji biologicznej).

Przedstawione wyniki symulacji dotyczą analizy w stanie równowagi oraz rozwoju przemysłu w sytuacji kiedy firmy poszukują innowacji umożliwiających wprowadzanie nowych produktów na rynek, obniżenie jednostkowych kosztów produkcji i polepszenie produktywności kapitału. Wyniki symulacji modelu przedstawione w tym artykule, podobnie jak i inne przedstawione np. w (Kwaśnicki, 1994/96), sugerują daleko idące podobieństwo zachowania się modelu do rzeczywistych procesów przemysłowych obserwowanych w gospodarce rynkowej. Pozwala to sądzić, że model ten dosyć dobrze odzwierciedla rzeczywiste mechanizmy rozwoju gospodarki rynkowej. ‘Zaufanie’ do modelu jakie zdobyto podczas wielu symulacji modelu i konfrontacji wyników symulacji z obserwacjami rzeczywistymi pozwalają na uwiarygodnienie wielu wniosków wynikających z eksperymentów symulacyjnych nieobecnych w standardowym wyjaśnieniu procesów gospodarczych proponowanych przez ekonomię neoklasyczna (odnoszące się np. do analizy funkcji popytu, roli przypadku w rozwoju gospodarczym, powstawania ukośnego rozkładu wielkości firm, istnienia pewnych reżimów innowacyjnych, fluktuacji w rozwoju przemysłu, itd).

Literatura

Hayek, Friedrich (1960), *The Constitution of Liberty*, London: Routledge.

Hayek, Friedrich (1988),*The Fatal Conceit. The Errors of Socialism*, Chicago: The University of Chicago Press.

Kwaśnicki W., Kwaśnicka H. (1992), Market, Innovation, Competition. An Evolutionary Model of Industrial Dynamics, *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 19, 343-68.

Kwaśnicki Witold (1994/1996), *Knowledge, Innovation, and Economy. An Evolutionary Exploration*., Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej; drugie wydanie w 1996 przez Edward Elgar Publishing Limited; Cheltenham, UK, Brookfield, US.

Kwaśnicki Witold (1996), 'Ekonomia ewolucyjna - alternatywne spojrzenie na proces rozwoju gospodarczego, *Gospodarka Narodowa*, 10, 1-13, (część I), 11, 40-55, (część II).

Kwaśnicki Witold (1998), 'Skew distributions of firms' sizes – an evolutionary perspective', *Structural Change and Economic Dynamics*, no 9, s. 135-158.

Kwaśnicki Witold (2000), 'Monopoly and perfect competition – there are two sides to every coin', w Saviotti Paolo, Bart Nooteboom (eds), *Technology and knowledge: from the firm to innovation systems,* London: Edward Elgar Publishing.

Nelson Richard R., Winter Sidney G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge, MA.

Prahalad C. K., Garry Hamel (1990), 'The Core Competence of the Corporation', *Harvard Business Review*, maj-czerwiec, 79-90

Winter Sidney (1984), Schumpeterian competition in alternative technological regimes, *Journal of Economic Behavior and Organization* 5, 287-320.

Tabela 1. Koncentracja przemysłu; charakterystyki globalne w stanie równowagi

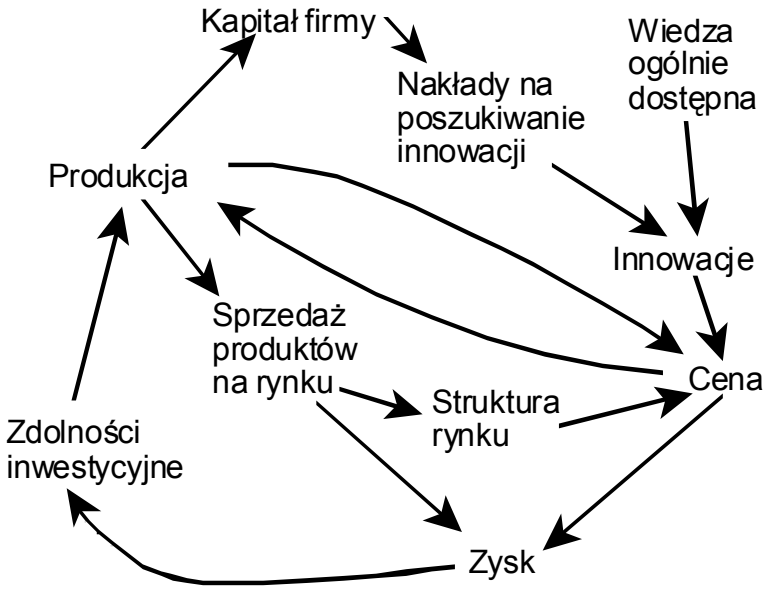
n $n_H(0)$	Π/K [%]	Π/S [%]	p/V
Normalna stopa zwrotu kapitału $\rho = 0$			
1	151.907	71.685	4.2382
2	52.692	46.757	2.2539
4	22.096	26.915	1.6419
6	11.450	16.026	1.4290
8	6.050	9.160	1.3210
10	2.804	4.464	1.2561
12	0.643	1.060	1.2128
13	0.000	0.000	1.2000
16	0.000	0.000	1.2000
32	0.000	0.000	1.2000
Normalna stopa zwrotu kapitału $\rho = 0{,}05$			
1	146.908	69.326	4.2382
2	47.692	42.321	2.2539
4	17.096	20.824	1.6419
6	6.450	9.028	1.4290
8	1.050	1.590	1.3210
10	0.000	0.000	1.3000
12	0.000	0.000	1.3000
16	0.000	0.000	1.3000
32	0.000	0.000	1.3000

Oznaczenia:
Π - zysk; K – kapitał; S – sprzedaż; p – cena; V – jednostkowe koszty produkcji.

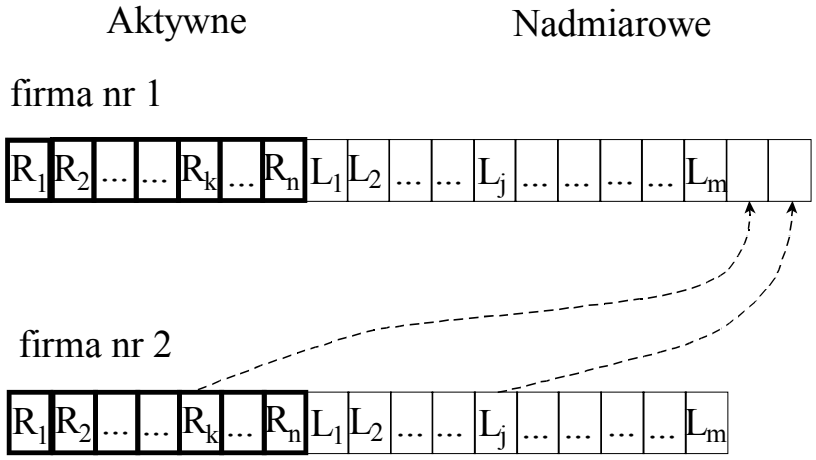
Tabela 2. Koncentracja przemysłu. Nierównomierny rozkład początkowy rozmiaru firm

n	$n_H(0)$	$n_H(100)$	$n_H(200)$	T_e [rok]	$\Pi/K(100)$ [%]	$\Pi/K(100)$ [%]	$p/V(200)$
2	1.02	2.00	2.00	14	47.692	47.692	2.2539
4	2.61	4.00	4.00	22	17.096	17.096	1.6419
6	4.18	6.00	6.00	47	6.450	6.450	1.4290
8	5.75	7.30	7.68	–	2.932	2.282	1.3456
12	8.93	9.76	9.81	–	0.216	0.033	1.3007
16	12.12	12.15	12.16	–	0.026	0.001	1.3000
32	25.52	25.59	25.59	–	0. 022	0.001	1.3000

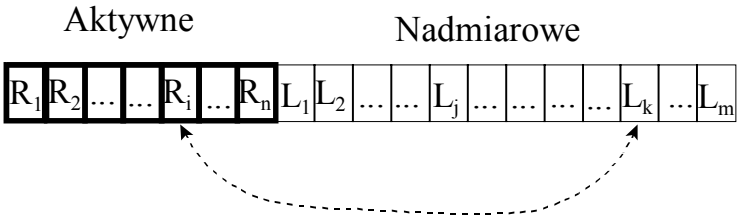
Uwaga: T_e jest okresem po którym rozkład firm staje się równomierny.



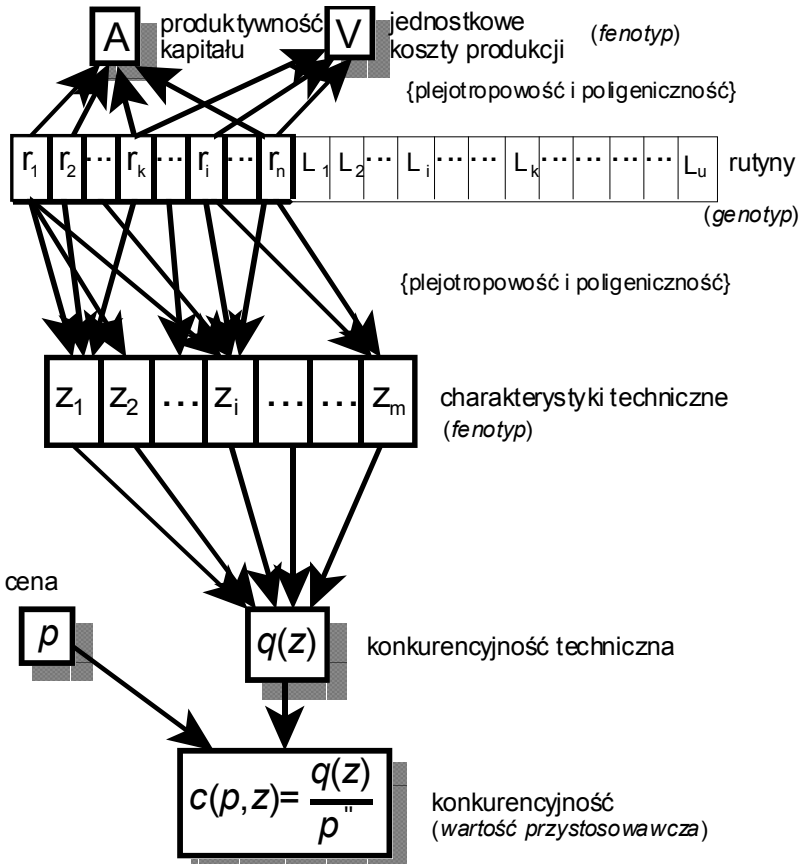
Rysunek 1. Ogólna struktura modelu



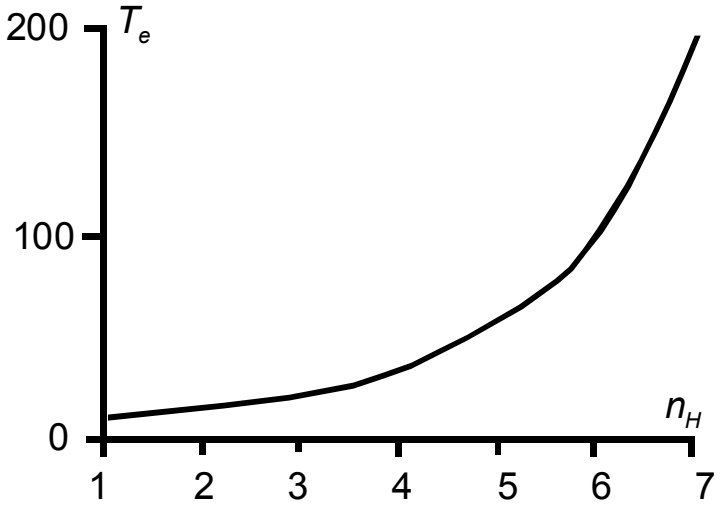
Rysunek 2. Tranzycja rutyn



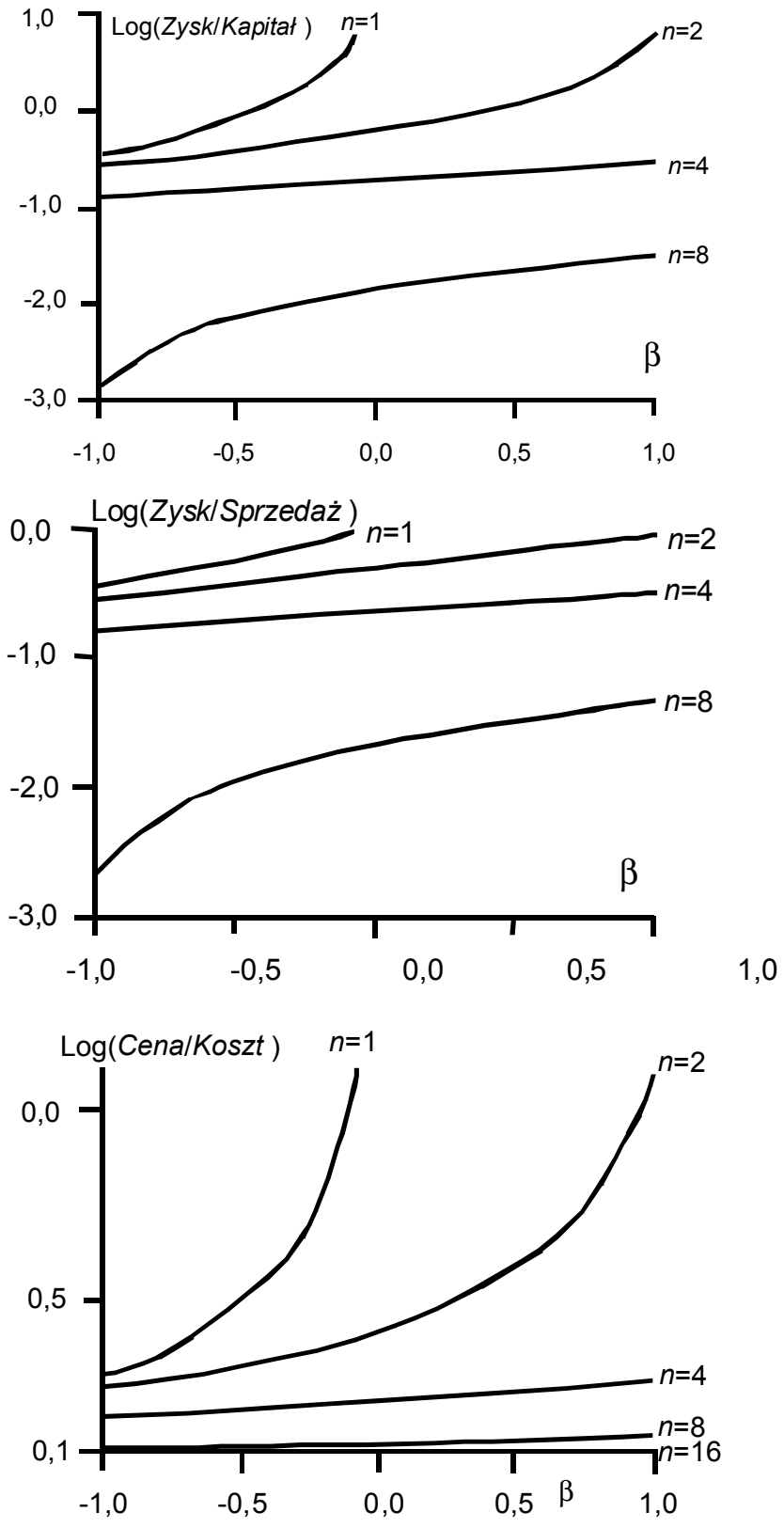
Rysunek 3. Transpozycja rutyn



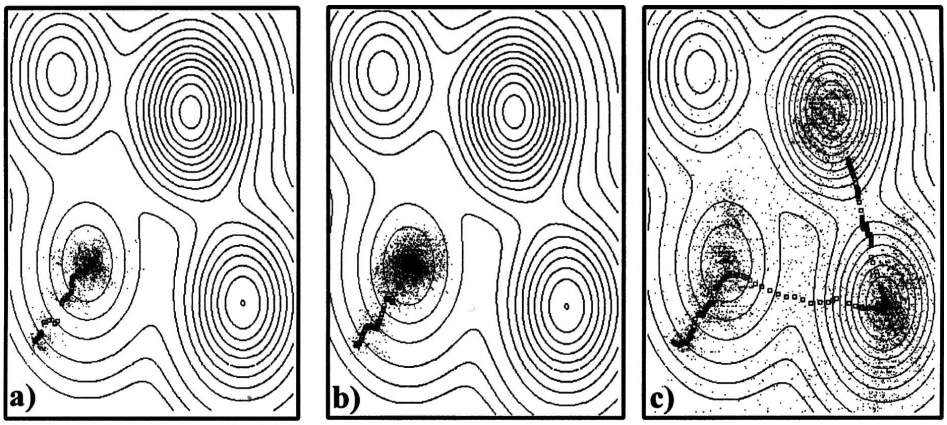
Rysunek 4. Od rutyn do konkurencyjności, kosztów produkcji i produktywności kapitału



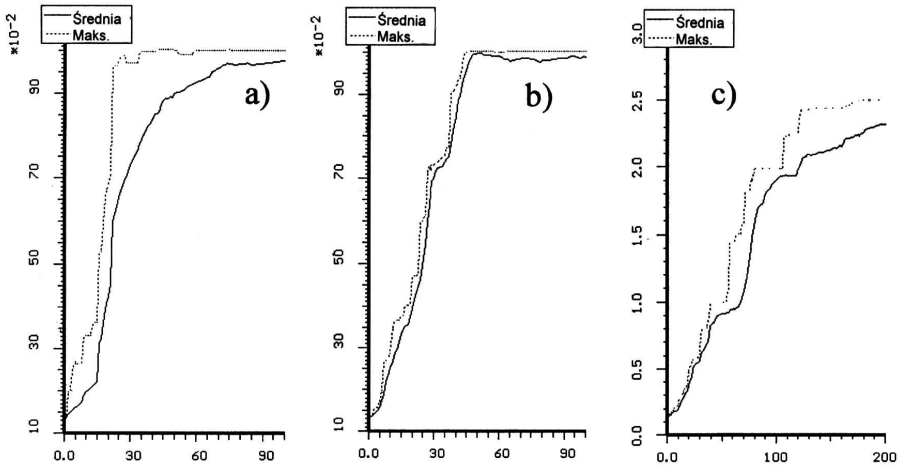
Rysunek 5. Czas penetracji rynku



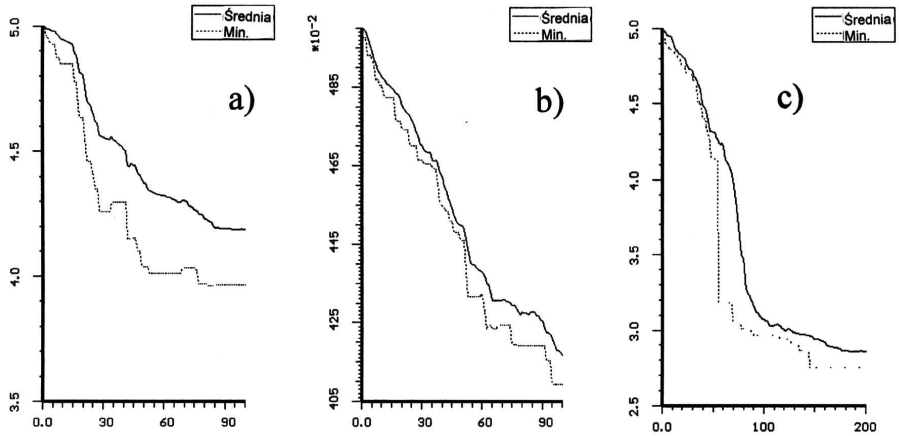
Rysunek 6. Zyski i ceny na rynkach o różnej elastyczności cenowej popytu



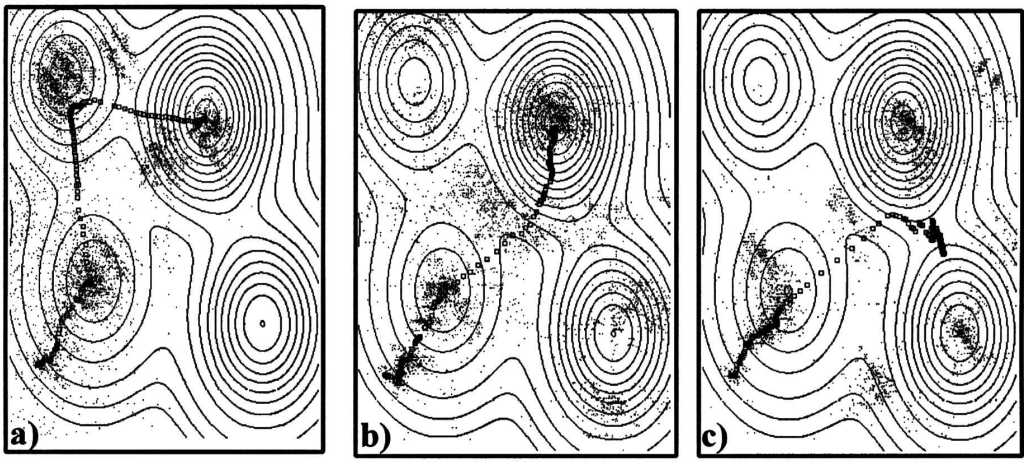
Rysunek 7. Trajektorie rozwoju: (a) mutacje, (b) rekombinacje, (c) rekrudescencje



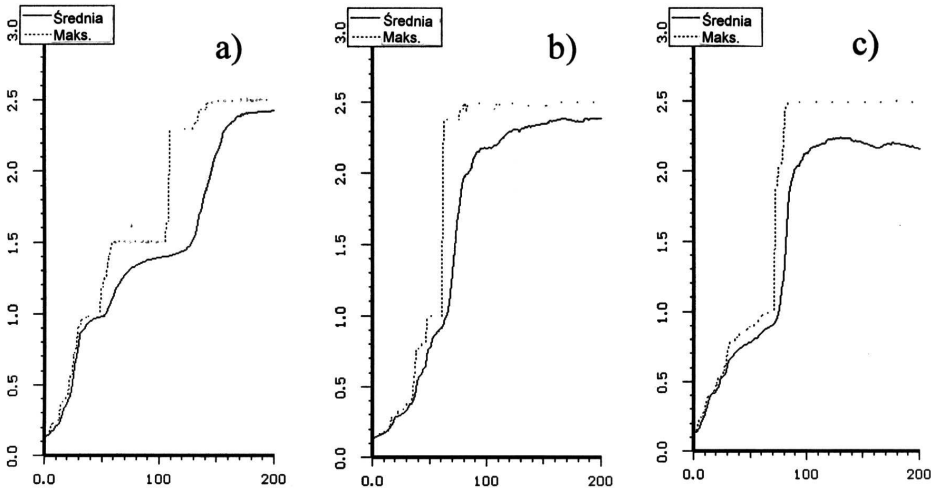
Rysunek 8. Konkurencyjność techniczna (q): (a) mutacje, (b) rekombinacje, (c) rekrudescencje



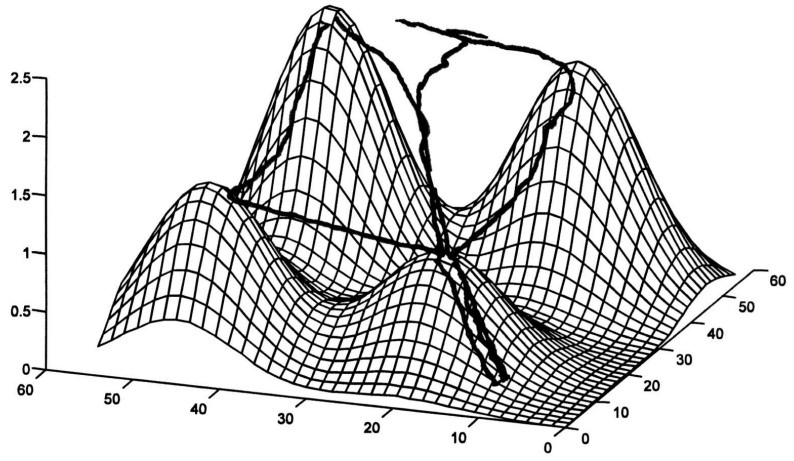
Rysunek 9. Koszty produkcji: (a) mutacje, (b) rekombinacje, (c) rekrudescencje



Rysunek 10. Trajektorie rozwoju dla trzech przebiegów symulacyjnych



Rysunek 11. Konkurencyjność techniczna dla trzech przebiegów symulacyjnych



Rysunek 12. „Oto ten idzie, skacząc po górach, przeskakując pagórki”.
Trajektorie rozwoju na tle krajobrazu adaptacyjnego (opisanego funkcją $q(z)$)

Stary Testament, *Pieśń nad pieśniami*
2,8 (1599) – Przekład Jakuba Wujka (1541-1597)