Mgr inż. Marek Wocial
Studium Doktoranckie Kolegium Analiz Ekonomicznych
Szkoła Główna Handlowa

TEORIA NAJSŁABSZEGO OGNIWA JAKO PRZYKŁAD PRÓBY WEWNĘTRZNEGO ZRÓŻNICOWANIA KAPITAŁU LUDZKIEGO

Wprowadzenie

Kapitał fizyczny i kapitał ludzki to podstawowe argumenty funkcji produkcji wykorzystywanej w modelach wzrostu gospodarczego. Pomimo, że w rzeczywistym świecie obserwujemy znaczące różnice pomiędzy przedstawicielami społeczeństwa w kwestii wyposażenia w kapitał, do lat 90. XX wieku analizy tempa wzrostu gospodarczego nie brały pod uwagę nierówności pomiędzy agentami. Główny nurt teorii wzrostu gospodarczego oparty został na badaniu zachowania reprezentatywnego agenta. Przy założeniu identyczności agentów, analiza modelowanej gospodarki jest łatwiejsza, ale jednocześnie pomija interesujący i być może znaczący czynnik ograniczający wzrost, jakim są nierówności.

Samo pojęcie kapitału ludzkiego jako zmiennej w modelach wzrostu gospodarczego jest również zagadnieniem stosunkowo nowym. W teorii wzrostu gospodarczego zaistniało dopiero w momencie opublikowania prac P. Romera [Romer, 1986, s. 1002-1037] czy R. Lucasa [Lucas, 1988, s. 3-42]. Oparty na akumulacji kapitału ludzkiego i fizycznego model N. Mankiwa, D. Romera i D. Weila [Mankiw, Romer, Weil, 1992, s. 407-437] rozwiązał problem zawyżonego udziału kapitału w dochodzie narodowym. Dzięki dodaniu kapitału ludzkiego do zmiennych objaśniających wyjaśnił on niemal 80% zmienności danych przekrojowych w różnicach stóp wzrostu gospodarczego. Dla porównania warto dodać, że badanie przeprowadzone przez N. Mankiwa, D. Weila i D. Romera [Mankiw, Romer, Weil, 1992] wskazuje, że za pomocą neoklasycznego modelu Solowa, który nie uwzględnia kapitału ludzkiego, można wytłumaczyć zaledwie około 60% zmienności danych przekrojowych w zakresie zróżnicowania stóp wzrostu gospodarczego na świecie.

Większość modeli wzrostu, biorących pod uwagę kapitał ludzki, nie zakłada jednak wewnętrznego zróżnicowania tego czynnika. Często w pracach przyjmowane jest założenie, że pracownik posiadający jedną jednostkę kapitału ludzkiego może być zastąpiony dwoma pracownikami, którzy posiadają w sumie taki sam kapitał ludzki. Zaprzeczeniem tej tezy i jednocześnie bardzo cenną pracą w zakresie nierówności jest praca M. Kremera [Kremer, 1993, s. 551 - 575]. Jego teoria najsłabszego ogniwa jest, w pewnym sensie, próbą wewnętrznego zróżnicowania kapitału ludzkiego. Model Kremera oparty został na niestandardowej funkcji produkcji – „O-ring”. Zasadniczym założeniem przyjętym w rozważaniach jest brak możliwości zastąpienia jakości ilością. W rzeczywistym świecie niektóre procesy produkcyjne nie pozwalają na swobodną wymianę jakości w ilość i odwrotnie. Najprostszym przykładem może być praca nad wykopaniem studni. Przypuśćmy, że wykwalifikowany i doświadczony robotnik jest w stanie wykopać dziesięciometrową studnię w tydzień, nie oznacza to jednak, że dwóch słabszych pracowników, posiadających jednak w sumie ten sam potencjał produkcyjny dokona tego w tym samym czasie, jeśli nie mogą oni pracować jednocześnie.

Model Kremera zakłada, że proces produkcyjny składa się z zadań, z których każde musi być wykonywane przez jednego pracownika posiadającego pewne umiejętności (q). Ściślej definiując tę wielkość, q będzie prawdopodobieństwem wykonania zadania bezbłędnie. To założenie wiąże się z jeszcze jednym faktem, mianowicie cały złożony cykl produkcyjny doprowadzi do powstania pełnowartościowego produktu tylko wówczas, gdy żaden z wykonawców nie zawiedzie.

Teoria najsłabszego ogniwa wyjaśnia wiele problemów, z jakimi nie były w stanie poradzić sobie modele oparte o neoklasyczną funkcję produkcji. Model Kremera wyjaśnia, miedzy innymi, przyczyny występowania ogromnych różnic w dochodach *per capita* na świecie, przyczyny występowania barier przepływu kapitału z krajów biednych do bogatych oraz jest zgodny z wieloma faktami stylizowanymi, związanymi z rozwojem gospodarczym i rynkiem pracy.

Struktura modelu

Oczekiwaną wartość produktu, opartą na funkcji produkcji typu „O-ring”, przedstawia równanie:

$$E(y) = K^{\alpha}(\Pi_{i=1}^{n} q_i)nB \tag{1}$$

gdzie y - produkt, n - ilość zadań, jakie składają się na proces produkcyjny, q - umiejętności pracownika mierzone prawdopodobieństwem bezbłędnego wykonania zadania, K – kapitał fizyczny. Współczynnik B możemy zdefiniować jako produkt na pracownika wyposażonego w jednostkę kapitału, przy założeniu bezbłędnego wykonania wszystkich zadań w procesie produkcyjnym.

Podaż kapitału fizycznego w gospodarce wynosi K^*. Praca jest dostarczana nieelastycznie, czyli pracownicy nie mają możliwości wyboru ile czasu poświęcić na pracę, a ile będzie stanowiło ich czas wolny. Model zakłada, że na rynku pracy pracownicy występują zgodnie z egzogenicznym rozkładem umiejętności $\varphi(q)$. Przeciętna wartość kapitału ludzkiego w analizowanym społeczeństwie może być zatem przybliżona przeciętną wartością q. W tej sytuacji społeczeństwo bardziej zasobne w kapitał ludzki charakteryzowane będzie przez większą gęstość pracowników o wysokim q w stosunku do tych z niższymi umiejętnościami. Zakładając neutralność firm wobec ryzyka możemy przyjąć, że $E(y)=y$ i w dalszej części analizy posługiwać się już tylko wartością produktu, pomijając oznaczenie wartości oczekiwanej.

Zakładamy, że rynki pracy, kapitału i dóbr są doskonale konkurencyjne. Każda z firm maksymalizuje zatem swoje zyski poprzez wybór optymalnego poziomu kapitału i umiejętności zatrudnianych pracowników. Problem optymalizacyjny możemy przedstawić następująco:

$$\max_{K,\{q\}_{i=1}^{n}} [K^{\alpha}(\Pi_{i=1}^{n} q_i)nB - \sum_{i=1}^{n} w(q_i) - rK] \qquad (2)$$

gdzie: r - koszt dzierżawy kapitału (wielkość egzogeniczna w modelu), $w(q)$ - płaca pracownika będąca funkcją poziomu umiejętności.

Warunki pierwszego rzędu ze względu na q i K odpowiednio, przyjmują postać:

$$(\Pi_{j\neq i}^{n} q_j)nBK^{\alpha} - \frac{dw(q_i)}{dq_i} = 0 \qquad (3)$$

$$\alpha K^{\alpha-1}(\Pi_{i=1}^{n} q_i)nB - r = 0 \qquad (4)$$

Warto zauważyć, że pochodna produktu po umiejętnościach *i*-tego pracownika jest równa krańcowej płacy po umiejętnościach *i*-tego pracownika:

$$\frac{dy}{dq_i} = (\Pi_{j\neq i}^{n} q_j)nBK^{\alpha} = \frac{dw(q_i)}{dq_i} \qquad (5)$$

Z zależności (5) wynika, że firmy zwiększają produkt poprzez zastąpienie jednego pracownika innym o wyższych umiejętnościach. Pochodna krańcowego produktu umiejętności *i*-tego pracownika po umiejętnościach wszystkich pozostałych pracowników jest dodatnia:

$$\frac{d^2 y}{dq_i d(\Pi_{j\neq i}^n q_j)} = nBK^{\alpha} > 0 \tag{6}$$

Oznacza to, że analizę możemy zawęzić tylko do takich rozwiązań, w których firmy łączą w procesie produkcyjnym pracowników o takich samych umiejętnościach. Ograniczając się dzięki powyższemu wnioskowi do rozwiązań, w których pracownicy mają równe umiejętności, możemy uprościć warunki pierwszego rzędu:

$$\frac{dw(q)}{dq} = q^{n-1} nBK^{\alpha} \tag{7}$$

$$\alpha K^{\alpha-1} q^n nB = r \tag{8}$$

Zatem popyt na kapitał dla pojedynczej firmy wynosi:

$$K = (\frac{\alpha q^n nB}{r})^{1/1-\alpha} \tag{9}$$

Znając rozkład umiejętności w społeczeństwie można obliczyć podaż kapitału w gospodarce i krańcowy produkt kapitału w równowadze:

$$\int_0^1 (\frac{\alpha q^n nB}{r})^{\frac{1}{1-\alpha}} \frac{1}{n} d\phi(q) = K^* \tag{10}$$

$$r = \alpha B n^{\alpha} (\frac{\int_0^1 q^{\frac{n}{1-\alpha}} d\phi(q)}{K^*})^{1-\alpha} \tag{11}$$

Wykorzystując warunki (7) i (9) można przedstawić zależność płacy od umiejętności:

$$\frac{dw(q)}{dq} = nq^{n-1} B(\frac{\alpha q^n nB}{r})^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \tag{12}$$

zatem:

$$dw(q) = nq^{n-1} B(\frac{\alpha q^n nB}{r})^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} dq \tag{13}$$

Całkując obustronnie:

$$w(q) = (1-\alpha)(q^n B)^{1/(1-\alpha)} (\frac{\alpha n}{r})^{\alpha/(1-\alpha)} + c \tag{14}$$

Jeżeli założymy, że płaca pracownika z zerowymi umiejętnościami powinna wynosić zero ($w(0) = 0$) to c=0 i ostateczna postać zależności płacy od umiejętności przedstawia się następująco:

$$w(q) = (1-\alpha)(q^n B)^{n/(1-\alpha)} (\frac{\alpha n}{r})^{\alpha/(1-\alpha)}, \tag{15}$$

Warto dodać, że z wzorów (9) i (10) wynika, że poziom kapitału fizycznego jest powiązany z poziomem umiejętności, czyli kapitałem ludzkim. Podobną zależność można znaleźć w wielu modelach wzrostu gospodarczego, a w szczególności w modelu wpływu nierówności społecznych na wzrost gospodarczy poprzez zróżnicowanie rodności i akumulację kapitału ludzkiego [Doepke, de la Croix, 2001].

Sekwencyjna produkcja

Dotychczasowe rozważania oparte były na założeniu, że wszystkie zadania wykonywane są jednocześnie. W wielu procesach produkcyjnych możemy jednak wyróżnić fazy. Przejście do kolejnego etapu następuje po sprawdzeniu poprawności wykonania zadania w poprzednim. Kremer podaje przykład Rembrandta pracującego nad kolejnym obrazem. Zleca on gruntowanie płótna, malowanie tła i otoczenia swoim uczniom, natomiast sam maluje tylko najważniejsze części obrazu, zaczynając pracę dopiero po sprawdzeniu poprawności pracy uczniów. Taki proces produkcyjny pozwala wnioskować, że pracownicy z wyższym kapitałem ludzkim są przydzielani do zadań występujących na końcu procesu produkcyjnego. Intuicyjnie można domyślać się, że pracownicy z wyższymi umiejętnościami zmniejszają prawdopodobieństwo zniszczenia wyższej wartości produktu na ostatnich etapach procesu produkcyjnego.

Formalnie problem można opisać wykorzystując standardową postać funkcji produkcji typu „O-ring” (1). Dla ułatwienia rozważań przyjmujemy $\alpha = 0$, czyli pomijamy kapitał fizyczny. Zakładając, że po *i*-tym etapie produkcji wartość dobra ma cenę p_i, zysk przedsiębiorstwa sprzedającego wytworzony produkt można opisać wzorem: $q_i p_i - p_{i-1} - w(q_i)$. Ponieważ w równowadze zyski firm są zerowe $w(q_i) = q_i p_i - p_{i-1}$. Jeżeli założymy, że pracownik nie jest doskonały, tzn. ma q<1, powyższe równanie implikuje, że: $p_i > p_j$ dla $i>j$. Wynika to z faktu, że płaca nie może być ujemna oraz, że wartość produktu rośnie wraz z ilością etapów produkcyjnych niezbędnych do jego wykonania. Jeżeli przełączymy kolejność wykonywania zadań przez pracowników, przy utrzymaniu powyższych założeń, wtedy: $q_i < q_j$ dla $i>j$ i $p_i > p_j$. Zatem zmieniając powtórnie kolejność wykonywania zadań produkt wzrośnie o $(p_i - p_j)(q_j - q_i)$.

Możliwość wyboru złożoności technologii

Jak dotąd liczba zadań w procesie produkcyjnym traktowana była jako wielkość egzogeniczna. Produkując nawet bardzo podobne wyroby firmy mogą jednak wybierać procesy produkcyjne o różnej złożoności. Firma motoryzacyjna może produkować mały samochód pozbawiony udogodnień, takich jak klimatyzacja itd. oraz luksusową limuzynę wymagającą podczas montażu wykonania dużo bardziej złożonych czynności. Nie ulega wątpliwości, że bardziej złożony produkt będzie kosztował więcej. Aby uzależnić wartość produktu od złożoności technologii możemy przyjąć, że parametr *B* (wartość produktu na zadanie) z równania (1) jest funkcją liczby zadań. Dodatkowo zakładamy, że *B(n)* spełnia następujące warunki: *B'(n)>0 i B''(n)<0*. Problem optymalizacyjny (2) po pominięciu, dla ułatwienia, kapitału fizycznego wygląda zatem następująco:

$$\max_{n,\{q\}_{i=1}^{n}} [(\Pi_{i=1}^{n} q_i) nB(n) - \sum_{i=1}^{n} w(q_i)] \tag{16}$$

Rozwiązanie ze względu na q jest identyczne jak we wzorze (3) (pomijając kapitał -α =0). Zatem podobnie jak wcześniej, można ograniczyć się do takich alokacji pracowników do firm, w których łączeni są pracownicy o takich samych umiejętnościach. Upraszczając, na podstawie powyższego wniosku, (16) otrzymujemy:

$$\max_{n,q} [(q^n) nB(n) - nw(q)] \tag{17}$$

Warunek pierwszego rzędu ze względu na n:

$$q^n B(n) - w(q) + n[\ln(q) q^n B(n) + B'(n) q^n] \tag{18}$$

i równanie wynikające z warunku pierwszego rzędu ze względu na q:

$$q^n B(n) = w(q) \tag{19}$$

implikują, że:

$$-\ln(q) = B'(n)/B(n) \tag{20}$$

Równanie (20) wraz z przyjętymi wcześniej założeniami odnośnie funkcji *B(n)* implikują, że *n* jest pośrednio funkcją *q* oraz, że *n'(q)>0.* Zatem firmy dysponujące mniejszym kapitałem ludzkim będą wybierać mniej złożone technologie - błędy w procesie produkcyjnym są znacznie kosztowniejsze w przypadku większej wartości.

Umiejętności jako produkt inwestycji w kapitał ludzki

Poprzednia część rozważań przyjmowała umiejętności jako wielkość egzogeniczną. Naturalnym wydaje się rozszerzenie modelu o możliwość inwestycji w kapitał ludzki poprzez edukację. Uzależnienie umiejętności od edukacji, przy założeniu pełnej informacji, powoduje, że krańcowy produkt umiejętności, który jest w tym przypadku wartością oczekiwaną, rośnie wraz z populacją:

$$\frac{dy}{dq_i} = \frac{dw(q_i)}{dq_i} = E(\Pi^{n}_{j\neq i} q_j)nBK^{\alpha} \tag{21}$$

W przypadku dużej populacji prawdopodobieństwo dopasowania pracowników z takimi samymi umiejętnościami jest większe. Na tej podstawie łatwo wywnioskować, dlaczego wiele miast specjalizuje się w charakterystycznych dla siebie produktach: auta produkowane są w Detroit, filmy kręcone w Los Angeles, natomiast moda jest projektowana w Mediolanie. Ludzie ze szczególnymi umiejętnościami często migrują w poszukiwaniu pracy. Model tłumaczy też migrację kapitału ludzkiego ze wsi do miasta, gdzie prawdopodobieństwo doskonalszego dopasowania pracowników, z powodu większej gęstości zaludnienia, wzrasta.

Teoria najsłabszego ogniwa a wybrane problemy teorii wzrostu gospodarczego

Już neoklasyczne modele wzrostu gospodarczego [Solow, 1956; Ramsey, 1928; Diamond, 1965] były w stanie wyjaśnić wiele problemów związanych z badaniem różnic dochodów i tempa wzrostu gospodarczego na świecie. Przytoczone na wstępie badanie N. Mankiwa, D. Romera i D. Weila [Mankiw, Romer, Weil, 1992] pokazuje, iż za pomocą modelu Solowa można wyjaśnić około 60% zróżnicowania dochodów. Model Solowa implikuje jednak zbyt duży udział wynagrodzenia kapitału w dochodzie (ok. 2/3). Wynika to z analizy elastyczności dochodu w stanie ustalonym w modelu Solowa względem stopy oszczędności [Romer, 2000]:

$$\frac{\partial y_i(s,n,\delta)}{\partial s}\frac{s}{y_i} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \tag{22}$$

gdzie: s_i – stopa oszczędności w kraju i, n_i – przyrost naturalny w kraju i, y_i -produkt, α- udział kapitału w produkcie, δ- deprecjacja kapitału.

Większa wartość parametru α oznacza większą elastyczność dochodu względem stopy oszczędności. Wyjaśnienie kilkukrotnej różnicy dochodów pomiędzy krajami dla $\alpha = 1/3$ wymaga zatem ogromnej różnicy w stopach oszczędności. Dopiero wprowadzenie kapitału ludzkiego do modelu Solowa, które przekłada się na zwiększenie α do około 2/3, daje rezultaty zbliżone do rzeczywistych, a sam model po wprowadzeniu do niego kapitału traktowanego szeroko, czyli z kapitałem ludzkim, tłumaczy około 80% zmienności dochodów na świecie. Pozostaje jednak nadal problem barier przepływu kapitału. Biedniejsze kraje, posiadając mniej kapitału fizycznego mają, zgodnie z teorią neoklasyczną, wyższe stopy zwrotu z kapitału. Kapitał powinien więc przepływać z krajów bogatych do biednych, tymczasem zjawisko takie nie jest obserwowane (przynajmniej na skalę jakiej można by się spodziewać). Chociaż barier przepływu kapitału można znaleźć bardzo wiele, teoria najsłabszego ogniwa jest dobrym sposobem na wyjaśnienie tego problemu.

Przy użyciu funkcji produkcji M. Kremera można również wyjaśnić przyczynę powstawania ogromnych różnic w dochodzie narodowym pomiędzy krajami na świecie. Biorąc pod uwagę nawet niewielkie różnice w umiejętnościach obywateli poszczególnych krajów można dojść do ogromnych różnic w dochodzie. Jak wiadomo, rzeczywiste procesy produkcyjne składają się zwykle z bardzo wielu zadań. Załóżmy więc, że obywatele kraju A posiadają umiejętności na poziomie $q_A = 0{,}95$, natomiast kraju B $q_B = 0{,}85$ oraz, że proces produkcyjny składa się z zaledwie 20 zadań. Niewielka różnica w umiejętnościach przekłada się na ogromną różnicę w ostatecznej wartości produktu:

$$y_A = 20K^{\alpha}B(0{,}95)^{20}$$

$$y_B = 20K^{\alpha}B(0{,}85)^{20}$$

Stosunek: $\frac{y_A}{y_B} = (\frac{0{,}95}{0{,}85})^{20} \cong 9{,}25$

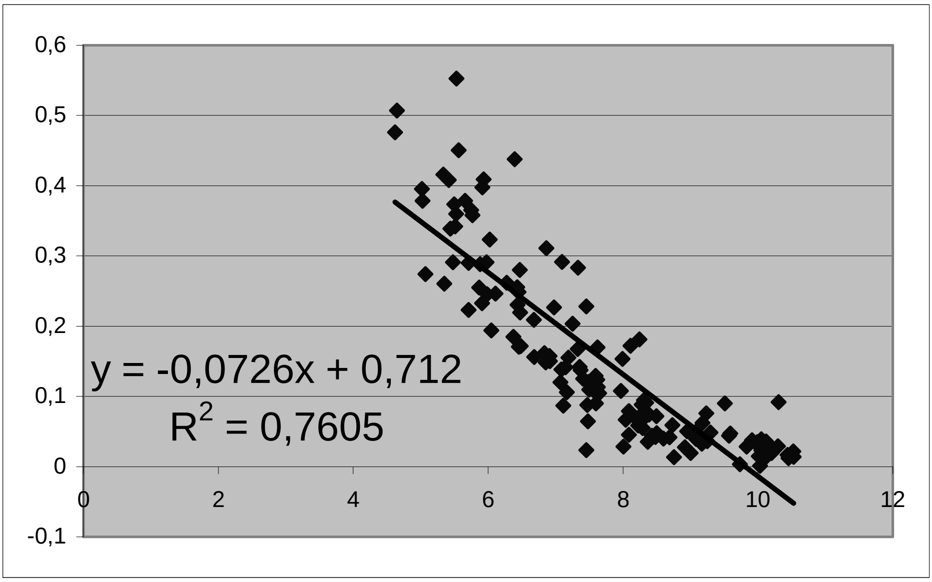
Łatwo wyobrazić sobie ogromne różnice w dochodzie, jeśli przyjąć znacznie większe dysproporcje w umiejętnościach pracowników oraz większą złożoność procesu produkcyjnego.

Ze wzorów (9), (10) i (12) wynika, że płaca i kapitał są homogeniczne stopnia $\frac{n}{1-\alpha}$ względem q. Korzystając z powyższych danych i założenia, że α =1/3, stosunek płac w analizowanych krajach wynosi:

$$\frac{w_A}{w_B} = \frac{K_A}{K_B} = (\frac{0{,}95}{0{,}85})^{\frac{20}{1-1/3}} \cong 28{,}1$$

Dochodzimy więc do ogromnych różnic w poziomie produktu i płacy pomiędzy tymi dwoma krajami. Warto dodać, że podaż kapitału fizycznego dla danego kraju nie przekracza wartości określonej wzorem (10). Kapitał fizyczny jest funkcją umiejętności, zatem tylko dodatkowe inwestycje w kapitał ludzki mogą spowodować podniesienie poziomu maksymalnego kapitału fizycznego dla danego państwa i, w konsekwencji, jego migrację.

Jak już zostało nadmienione, teoria najsłabszego ogniwa jest zgodna z wieloma faktami stylizowanymi, dotyczącymi rozwoju gospodarczego. Pozwala ona wyjaśnić, dlaczego biedne kraje mają tak wysoki udział rolnictwa i nieskomplikowanych czynności wytwórczych w PKB. Rysunek 1 (regresja liniowa) prezentuje istnienie negatywnej zależności pomiędzy dochodami *per capita* a udziałem rolnictwa w PKB. Relację tę można wyjaśnić przy wykorzystaniu założenia o sekwencyjnym wykonywaniu zadań w procesie produkcyjnym, opartym o funkcję produkcji typu „O-ring”.



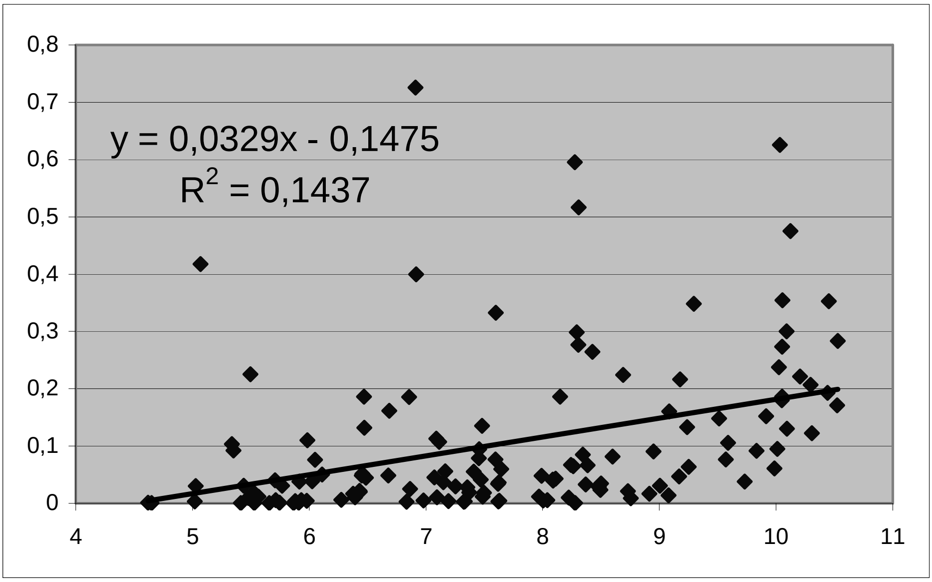
Rysunek 1. Relacja pomiędzy udziałem rolnictwa w PKB a dochodem narodowym (log)

Źródło: opracowanie własne w oparciu o dane Banku Światowego z bazy WDI.

W celu opracowania powyżej zaprezentowanej zależności wykorzystane zostały dane Banku Światowego zebrane w bazie WDI (*World Development Indicators Database*). Próba składała się z danych za rok 2000 dla 138 krajów, dla których dostępne były następujące wielkości: PKB w dolarach amerykańskich, wielkość populacji, udział rolnictwa w

PKB, udział dóbr zaliczanych do wysokiej technologii w eksporcie i procent powierzchni kraju wykorzystywanej w celach rolniczych.

Rysunek nr 2 prezentuje, w oparciu o dane wykorzystane również przy opracowaniu wykresu 1, pozytywną zależność pomiędzy udziałem dóbr wysokich technologii w eksporcie a PKB *per capita*. Zaprezentowana relacja może być wytłumaczona funkcją produkcji typu „O-Ring”, jeśli przyjmiemy, że udział eksportu dóbr wysokiej technologii w stosunku do całego eksportu jest odzwierciedleniem złożoności przeciętnego procesu produkcyjnego charakterystycznego dla danego kraju.



Rysunek 2. Relacja pomiędzy udziałem eksportu dóbr wysokich technologii w eksporcie ogółem a dochodem narodowym (log)
Źródło: opracowanie własne w oparciu o dane Banku Światowego z bazy WDI.

Warto zwrócić uwagę na najbardziej skrajne dysproporcje pomiędzy krajami, zaprezentowane w tabeli 1, które mogą być wyjaśnione za pomocą teorii najsłabszego ogniwa. Górna część tabeli zawiera kraje charakteryzujące się dużym udziałem rolnictwa w PKB i niezwykle małym udziałem eksportu dóbr wysokiej technologii w exporcie ogółem. Dolna część prezentuje kraje mające zupełnie odmienne statystyki. Co ciekawe, kraje z dużym udziałem PKB w rolnictwie mają ponad 80 procentowy wskaźnik wykorzystania powierzchni kraju w celach rolniczych, przy jednoczesnej małej powierzchni kraju ogółem. Proporcje te w dolnej części tabeli są odwrotne.

Model Kremera podkreśla znaczenie „wąskich gardeł" w strukturze kapitału. Załóżmy tylko, że na ostatnich dwóch etapach produkcji umiejętności pracowników spadają o połowę. Niezależnie zatem od długości procesu produkcyjnego, ostateczna wartość produktu będzie wynosić zaledwie 25% tego, co można by uzyskać przy wcześniej założonych umiejętnościach pracowników przypisanych do ostatnich etapów. Zniweczenie aż 75% wartości maksymalnej ostatecznego produktu powoduje, że zarówno firmy, jak i całe państwa rezygnują z wyboru złożonych technologii, jeśli nie dysponują odpowiednim kapitałem ludzkim. Opłacalność rozwinięcia produkcji o te dwa dodatkowe procesy byłaby uzasadniona tylko, jeśli cena produktu rosłaby dzięki nim ponad czterokrotnie i to z pominięciem wynagrodzenia pracowników na ostatnich stadiach produkcji. W związku z powyższym, nawet nie posiadając dogodnych warunków dla upraw rolniczych, państwa z małym kapitałem ludzkim wykorzystują ponad 80 procent powierzchni kraju w celach rolniczych (np. Burundi). Odwrotną sytuację możemy zaobserwować na przykładzie Kanady, która mimo, że posiada ogromny potencjał jeśli chodzi o warunki dla rozwoju rolnictwa, rezygnuje z tego na rzecz produkcji dóbr bardziej złożonych.

Tabela 1. Podstawowe zmienne wykorzystane w analizach dla wybranych krajów

Państwo	**Obszary rolnicze/ powierzchnia (%)**	**Udział rolnictwa w PKB (%)**	**PKB per capita**	**Eksport dóbr wysokiej technologii/ eksport ogółem (%)**	**Powierzchnia (km^2)**
El Salvador	0,8127	0,1048	2091,2650	0,0596	21040
Burundi	0,8840	0,5071	104,6142	0,0003	27830
Finlandia	0,0728	0,0389	23164,7100	0,2733	338150
Kanada	0,0744	0,0231	23219,5400	0,1860	9984670
Szwecja	0,0769	0,0193	27011,8100	0,2213	450290

Źródło: opracowanie własne w oparciu o dane Banku Światowego z bazy WDI.

Dodatkowym dowodem na poparcie tezy, że funkcja produkcji M. Kremera jest ciekawą alternatywą dla klasycznych teorii może być fakt, że wyjaśnia ona problem znaczenia nierówności w teorii wzrostu gospodarczego. Nierówności w rozkładzie kapitału w społeczeństwie przekładają się, w świetle modelu, bezpośrednio na poziom nierówności społecznych. Pomimo, że znaczenie nierówności społecznych w ekonomii było przedmiotem wielu badań empirycznych, ekonomiści traktowali je zwykle jako wynik pewnych procesów gospodarczych i bardzo rzadko zajmowali się analizą wpływu, jaki mogą one mieć na stopę wzrostu gospodarczego. Dopiero w ostatnim dziesięcioleciu XX wieku powstało kilka modeli prezentujących kanały, którymi nierówności mogą wpływać na wzrost gospodarczy. Modele te oparte są na: niedoskonałości rynku kapitałowego [Galor, Zeira, 1993, s. 35-52], konfliktach społecznych [Alesina, Perotti, 1996, s. 1203-1228] lub wiążą nierówności społeczne ze wzrostem gospodarczym poprzez politykę [Alesina, Rodrik, 1994, s. 405-489]. Każdy z wymienianych kanałów wpływu nierówności na wzrost gospodarczy nie wykazuje jednak pełnej zgodności z wynikami badań empirycznych. Pomimo, że wiele prac empirycznych potwierdza, że nierówności społeczne mogą wpływać na wzrost gospodarczy, z łatwością przytoczyć można wyniki badań negujące istnienie tej zależności, a nawet zaprzeczające istnieniu statystycznie istotnych związków pomiędzy nierównościami a stopą wzrostu gospodarczego [Knowles, 2001; Milanovic, 1995; Ravallion i Chen, 1997, s. 357-382]. Model Kremera już w swej podstawowej formie, opisanej wzorami (1) – (6) pokazuje, że nierówności przyczyniają się do zmniejszenia wartości produktu.

Podsumowanie

Teoria najsłabszego ogniwa M. Kremera, oparta na niestandardowej funkcji produkcji, jest w stanie wyjaśnić wiele problemów, z jakimi nie radziły sobie modele rozwoju gospodarczego oparte o neoklasyczną funkcję produkcji. Szczególnie cenna jest zgodność teoretycznych implikacji modelu z wieloma faktami stylizowanymi, dotyczącymi procesu rozwoju gospodarczego i rynku pracy. Używając funkcji produkcji opartej na teorii najsłabszego ogniwa można wyjaśnić ogromne różnice w dochodach pomiędzy krajami oraz przyczyny powstawania barier przepływu kapitału z krajów bogatych do biednych. Teoria Kremera podkreśla negatywny wpływ nierówności na rozwój gospodarczy. Zakładając sekwencyjną produkcję i możliwość wyboru technologii można pokazać dlaczego pracownicy są lepiej opłacani w wymagających większych nakładów gałęziach przemysłu i dlaczego bogate kraje specjalizują się w produkcji bardziej złożonych wyrobów. Model Kremera dostarcza również wyjaśnień dlaczego wiele osób decyduje się na migrację ze wsi do miasta oraz dlaczego na świecie występują miejsca specjalizujące się w produkcji określonych dóbr.

W referacie pominięte zostały kwestie związane z wprowadzeniem niepełnej informacji do modelu. Kremer pokazuje, że wprowadzenie niepełnej informacji wiąże się z możliwością występowania wielu równowag w edukacji. Oznacza to, że nawet niewielkie inwestycje w naukę mogą przyczynić się do bardzo dużych zmian w poziomie kapitału ludzkiego, a tym samym w poziomie produktu.

LITERATURA

Alesina A, Rodrik D., *Distributive Politics And Economic Growth*, „The Quarterly Journal of Economics", 109, 1994.

Alesina A., Perotti R., *Income Distribution, Political Instability, and Investment*, „European Economic Review", 40(6), 1996.

Diamond P., *National Debt in a Neoclassical Growth Model*, „America Economic Review", 1965, t. 55 (December).

Doepke M., de la Croix D., *Inequality and Growth: Why Differential Fertility Matters*, UCLA working paper, 2001.

Galor O., Zeira J., *Income Distribution and Macroeconomics*, „Review of Economic Studies", 1993, 60.

Knowles S., *Inequality and Economic Growth. The Empirical Relationship Reconsidered in the Light of Comparable Data*, World Institute for Development Economics Research, November 2001.

Kremer M., *The O-Ring Theory of Economic Development*, „The Quarterly Journal of Economics", 1993, vol. 108 nr 3 (August).

Lucas R., *On the Mechanics of Economic Development*, „Journal of Monetary Economics", 1988, t. 22 (July).

Mankiw N. G., Romer D. and Weil D. N., *A Contribution to the Empirics of Economic Growth*, „Quarterly Journal of Economics", 1992, tom 107 (May).

Milanovic B., Determinants *of Cross-Country Income Inequity: An 'Argumented' Kuznets hypothesis*, World Bank, December 1995.

Ramsey F., *A Mathematical Theory of Saving*, „Economic Journal" 1928.

Ravallion M., Chen S., *What can new survey data tell us about recent changes in distribution and poverty?*, „World Bank Economic Review", XI (1997).

Romer D., *Makroekonomia dla zaawansowanych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.

Romer P., *Increasing Returns and Long Run Growth*, „Jurnal of Political Economy", 1986, t. 94 (October).

Solow R. M., *A Contribution to the Theory of Economic Growth*, „Quarterly Journal of Economics", 1956, vol. 70 (February).

World Development Indicators Database, World Bank.

Streszczenie

Autor prezentuje teorię rozwoju gospodarczego M. Kremera opartą na niestandardowej funkcji produkcji typu „O-ring". Prezentowany model opisuje procesy ekonomiczne zakładając, że każdy cykl produkcyjny złożony jest z wielu zadań, przy czym błąd w którymkolwiek może drastycznie zmniejszyć ostateczną wartość produktu. Teoria M. Kremera jest w pewnym sensie próbą wewnętrznego zróżnicowania kapitału ludzkiego. W większości modeli wzrostu gospodarczego kapitał ludzki nie posiada wewnętrznej struktury, a to oznacza, że przyjmuje się założenie o zastępowalności jednego wysoko wykwalifikowanego pracownika kilkoma posiadającymi w sumie ten sam kapitał ludzki. Model jest zgodny z

wieloma faktami stylizowanymi związanymi z procesem rozwoju gospodarczego i rynkiem pracy. Używając teorii najsłabszego ogniwa można wyjaśnić ogromne różnice w dochodach pomiędzy krajami oraz przyczyny powstawania barier przepływu kapitału z krajów bogatych do biednych. Teoria Kremera podkreśla negatywny wpływ nierówności na rozwój gospodarczy. Zakładając sekwencyjną produkcję i możliwość wyboru technologii można pokazać, dlaczego pracownicy są lepiej opłacani w wymagających większych nakładów gałęziach przemysłu i dlaczego bogate kraje specjalizują się w produkcji bardziej złożonych wyrobów. Modelując zachowanie agentów, przy założeniu niepełnej informacji, teoria najsłabszego ogniwa dostarcza wyjaśnień dlaczego wiele osób decyduje się na migrację ze wsi do miasta oraz dlaczego na świecie występują miejsca specjalizujące się w produkcji określonych dóbr.

Ostatnia część artykułu oparta została na danych empirycznych i pokazuje, że istnieje silna negatywna zależność pomiędzy PKB *per capita* a udziałem rolnictwa w PKB oraz że produkty wysokich technologii są eksportowane głównie przez bogate kraje. Z przedstawionej analizy wynika, że teoria Kremera jest zagadnieniem na tyle wartościowym dla nauki, że wskazana jest jej dalsza dogłębna analiza.

The “O-ring” Theory of Economic Development as an Attempt at Internal Diversifying of Human Capital

Summary

The author presents a brief overview of Michael Kremer’s “O-ring” theory of economic development. The presented model uses a non-conventional production function describing processes subject to mistakes in any of several tasks. In a way the “O-ring” theory is an attempt at diversifying of the human capital as it does not allow the quantity to be substituted for quality. A single production process consists of many tasks, mistakes in which can dramatically reduce the product’s value.

The model is consistent with many of stylized facts in development and labor economics. Using the “O-ring” production function it is possible to account for enormous income differences between countries, to show that inequality diminishes the overall performance of the whole economy or answer the question why capital does not flow from rich to poor economies. Assuming sequential production and the possibility of choosing technology, the presented model shows why workers are paid more in industries with high value inputs and why rich countries specialize in complicated products. When the level of quality is treated as a

product of investment in human capital it is easy to illustrate why many people decide to leave villages and look for work in big cities or why we have a lot of places in the world that specialize in a particular branch of industry.

The last part of the paper, using empirical evidence, suggests that there is a strong negative relation between GDP *per capita* and the share of agriculture in GDP and that high technology industry is more likely to appear in rich countries. The Kremer proposal of a different approach to the issue of production function and human capital seems to be a very intriguing question still waiting in-depth analysis.