

Korzyści handlowe dla wszystkich

*Uogólnienie i reinterpretacja
teorii korzyści komparatywnych**

Trade benefits everyone

*Generalisation and reinterpretation
of the theory of comparative advantage*

* Opracowanie jest próbą nowego sformułowania teorii korzyści komparatywnych, która jest podstawą ekonomii międzynarodowej, z uwzględnieniem przypadku wielu towarów i wielu krajów.

© CENTRUM EUROPEJSKIE NATOLIN
THE NATOLIN EUROPEAN CENTRE

redakcja w języku polskim
/ editor for Polish version

JOANNA KLECZEK-DYLEWSKA

redakcja w języku angielskim
/ editor for English version

PETER SAKOWICZ

tłumaczenie na język angielski / translation into English

AGENCJA TŁUMACZY ZAWODOWYCH LETTERMAN SP. Z O.O.

skład i druk / typeset & printed by

BIGBIT WOJCIECH ZEYDLER-ZBOROWSKI

projekt graficzny / graphic design

WOJCIECH SOBOLEWSKI

wydawca / published by

CENTRUM EUROPEJSKIE NATOLIN,
UL. NOWOURSYNOWSKA 84 · 02-797 WARSZAWA
TEL. 22 545 98 00 · FAX 22 649 12 99
FUNDACJA@NATOLIN.EDU.PL · WWW.NATOLIN.EDU.PL

ISSN 1732-0445

ISBN 978-83-64118-66-1

WARSZAWA 2014

LESZEK JERZY JASIŃSKI

Korzyści handlowe dla wszystkich

*Uogólnienie i reinterpretacja
teorii korzyści komparatywnych*

Trade benefits everyone

*Generalisation and reinterpretation
of the theory of comparative advantage*



Spis treści

Sformułowanie problemu	6
Przykład działania prawa korzyści komparatywnych	9
Przykład liczbowy I	9
Korzyści komparatywne różnych krajów	11
Prawo korzyści komparatywnych w przypadku „dwa na dwa” i w przypadku dowolnym	15
Zasada korzyści komparatywnych i programowanie liniowe	22
Korzyści absolutne i komparatywne w modelu uogólnionym	27
Praca jako czynnik wytwórczy w teorii produkcji i handlu	32
Zasada korzyści komparatywnych a inne teorie handlu	35
Model produkcji i handlu zagranicznego	42
Przykłady zastosowania uogólnionej zasady korzyści komparatywnych	44
Przykład liczbowy II	46
Przykład liczbowy III	49
Przykład liczbowy IV	51
Przykład liczbowy V	52
Przykład liczbowy VI	55
Przykład liczbowy VII	57
Ujawnione korzyści komparatywne	58
Zasada korzyści komparatywnych w świetle oczekiwań etycznych i intuicji	59
Wnioski	63
O Autorze	67

Table of contents

Problem Statement	70
An Example of the Law of Comparative Advantage in Operation ...	73
Numerical Example I	73
Comparative Advantage of Individual Countries	75
The Law of Comparative Advantage in both the Two-By-Two Case and the General Case	80
The Principle of Comparative Advantage and Linear Programming ..	87
Absolute and Comparative Advantage in the Generalised Model	93
Labour as a Factor of Production in the Theory of Production and Trade	98
Principle of Comparative Advantage and Other Theories of Trade ..	100
Production and Foreign Trade Model	107
Example Applications of the Generalised Rule of Comparative Advantage	109
Numerical Example II	111
Numerical Example III	113
Numerical Example IV	115
Numerical Example V	116
Numerical Example VI	120
Numerical Example VII	121
Revealed Comparative Advantage	122
The Principle of Comparative Advantage in the Light of Ethical Expectations and Intuition	123
Conclusions	128
About the Author	132

Sformułowanie problemu

Na początku XIX wieku David Ricardo przedstawił podstawową w ekonomii międzynarodowej teorię korzyści komparatywnych (*comparative advantages*).¹ Zgodnie z nią każdy kraj powinien produkować i sprzedawać za granicę to, co wytwarza lepiej od innych w sposób komparatywny, co nie znaczy, że bezwzględnie taniej. Jednocześnie powinien importować towary, które jest zdolny wytwarzać mniej efektywnie, nie notując w ich wypadku przewag komparatywnych.

W świetle tej teorii handel międzynarodowy staje się potrzebny i opłacalny dla wszystkich także wtedy, gdy jeden kraj wytwarza wszystkie produkty taniej niż pozostałe, podczas gdy inny kraj produkuje wszystko drożej. Korzystna wymiana transgraniczna nie wymaga absolutnej przewagi jednego kraju w produkcji określonego towaru, idącej w parze z absolutną przewagą drugiego kraju w wytwarzaniu innego rodzaju towaru.² O tak rozumianych przewagach, innych niż absolutne, można mówić nie tylko w przypadku państw i krajów, lecz również w odniesieniu do bloków integracyjnych, regionów, przedsiębiorstw różnej wielkości, a nawet w stosunku do członków rodziny dzielących między siebie obowiązki domowe.³ Istnienie przewag komparatywnych jest jednym z najważniejszych wyjaśnień, chociaż nie wyłącznym, dlaczego istnieje i stale się rozszerza międzynarodowa wymiana handlowa oraz jakie daje ona korzyści.

¹ D. Ricardo, *Zasady ekonomii politycznej i opodatkowania*, PWN, Warszawa 1957, (pierwsze wydanie 1817 r.). Czy Ricardo był autorem, czy tylko propagatorem teorii korzyści komparatywnych? Jako osoby, które doszły do podobnych ustaleń wcześniej, wymienia się Roberta Torrensa i Jamesa Milla. H. Landreth, D.C. Colander, *Historia myśli ekonomicznej*, PWN, Warszawa 2005, s. 149.

² R. Lüchinger, *12 ikon ekonomii*. Od Smitha do Stiglitz, Studio Emka, Warszawa 2007, s. 51.

³ P.A. Samuelson, W.D. Nordhaus, *Economics*, McGraw-Hill, New York 1989, s. 901.

Przed publikacją Ricarda Adam Smith już w drugiej połowie XVIII wieku przedstawił teorię przewagi absolutnej.⁴ Jego zdaniem o międzynarodowym podziale pracy decyduje uzyskanie przez dany kraj bezwzględnej przewagi w kosztach wytwarzania. Jako drogę do dobrobytu narodów Smith wskazywał eksport nadwyżek towarów powstających w rolnictwie i w przemyśle przetwórczym.⁵ Teoria przewagi absolutnej stanowiła krytykę merkantylizmu, dominującego wcześniej w myśli ekonomicznej i postulującego forsowne wypracowywanie dodatniego salda w handlu zagranicznym.

Kiedy wszyscy partnerzy skoncentrują się na obszarach swych przewag komparatywnych, bo nie absolutnych, nastąpi wzrost światowych rozmiarów produkcji i konsumpcji. Wpłynie to pozytywnie na rozwój gospodarczy wszystkich uczestników wymiany handlowej. Efekt ten powinien się pojawić przede wszystkim na rynkach międzynarodowych, na których wymiany prowadzonej przez samodzielne podmioty gospodarcze nie utrudniają bariery handlowe. Najlepszym miejscem, gdzie znajduje zastosowanie zasada korzyści komparatywnych, wydaje się jednolity rynek Unii Europejskiej.

Sposobem ustalenia, jaki kraj, w imię dążenia do korzyści globalnych, ma się specjalizować w wytwarzaniu poszczególnych towarów, jest relacja kosztów produkcji w różnych krajach mierzonych nakładami pracy. Zasada korzyści komparatywnych stała się fundamentem interpretacji zjawisk zachodzących w handlu międzynarodowym i gospodarce światowej.⁶ Odwołują się do niej bardzo liczni autorzy publikacji

⁴ A. Smith, *Badania nad naturą i przyczynami bogactwa narodów*, t. 1, PWN, Warszawa 2007, s. 431-432 (pierwsze wydanie 1776 r.).

⁵ K. McCreddie, Adam Smith. *Bogactwo narodów*, Studio Emka, Warszawa 2012, s. 94.

⁶ Można ją znaleźć w każdym podręczniku ekonomii międzynarodowej. Np. R.C. Feenstra, A.M. Taylor, *International Economics*, Worth Publishers, New York 2008, s. 31-40, D. Salvatore, *International Economics*, John Wiley & Sons, Hoboken 2011, s. 31-50. Trafia także do prac z logistyki międzynarodowej. Por. P. David, R. Stewart, *International Logistics*, Cengage Learning, Mason 2010, s. 12-13.

ekonomicznych, lecz także powtarzają się opinie, że jest ona często rozumiana w sposób uproszczony lub błędny oraz bez uzasadnienia ignorowana.⁷

W podręcznikach ekonomii międzynarodowej interesujące nas prawo przedstawia się za pomocą przykładów, którym towarzyszą sformułowania ogólne. Z reguły wymienia się tylko dwa towary i dwa kraje. Zakłada się milcząco, że w procesie produkcji jest dostępny i potrzebny tylko jeden czynnik wytwórczy – praca mierzona liczbą godzin. Przedstawiając prawo korzyści komparatywnych w postaci ogólnej, kiedy liczba towarów i liczba krajów są dowolne, odchodzi się od przykładu liczbowego, budując rozszerzone ujęcie problemu. Pojawiają się wtedy trudności z wyjaśnieniem, na czym polega prawo w wersji uogólnionej oraz jak w praktyce ustalić, kto odnotowuje konkretne korzyści komparatywne. Istnieją redakcje omawianego prawa, gdy dwa towary są przedmiotem wymiany między wieloma krajami lub wiele krajów handluje dwoma towarami, ale i tu kwestie ogólne pozostają nierozstrzygnięte. Niżej spróbujemy zredagować prawo korzyści komparatywnych w przypadku wielu krajów, wielu towarów oraz wielu czynników wytwórczych potrzebnych w procesie produkcji.

Zaproponujemy nową postać rozpatrywanego prawa, a dokładniej zastanowimy się nad nieco innym jego sformułowaniem i interpretacją. Nie odrzucimy fundamentalnej myśli Ricarda, zgodnie z którą, w sposób dogodny dla wszystkich, słabsze podmioty gospodarki światowej mogą utrzymywać produkcję określonych wyrobów, a podmioty mocniejsze nie muszą wytwarzać wszystkiego. Zastanowimy się również nad tym, czy prawo korzyści komparatywnych obrazuje jedynie proces produkcji w skali globalnej, mówiąc inaczej międzynarodowy podział pracy, czy też opisuje jednocześnie procesy produkcji i wymiany transgranicznej.

⁷ P. Krugman, Ricardo's *Difficult Idea*, >><http://web.mit.edu/krugman/www/ricardo.htm><<.

Przykład działania prawa korzyści komparatywnych

Od czasów Davida Ricarda interesujące nas prawo ekonomiczne jest objaśniane w literaturze na przykładach bardzo do siebie podobnych. Różnice między nimi pozostają nieduże, nawet gdy autorzy rezygnują z tradycyjnego opisu produkcji wina i sukna przez Anglię i Portugalię, co było treścią pracy oryginalnej z początku XIX wieku.⁸ Chociaż nasz przykład liczbowy, pierwszy w tym tekście, nie wymienia wprost konkretnych towarów i krajów, nie odbiega w istocie od tradycji.⁹

Przykład liczbowy I. Gospodarkę globalną tworzą dwa kraje A i B, w których wytwarza się dwa produkty: koszule i komputery. Jeden produkt jest bardziej zaawansowany technologicznie niż drugi. Tablica 1. przedstawia wydajność pracy na godzinę w obu krajach, kraj A wytwarza w tym czasie 6 koszul lub 4 komputery, kraj B 1 koszulę lub 2 komputery.

Kraj A posiada bezwzględną przewagę nad krajem B w wytwarzaniu obu dóbr i może się wydawać, że to kraj A powinien się stać jedynym ich dostawcą w skali świata. Jeżeli uznamy potrzebę włączenia się kraju B w międzynarodowy podział pracy, intuicja podpowiada, że kraj A powinien zająć się szyciem koszul, a kraj B produkcją komputerów. Spróbujemy uzasadnić ten wstępny wniosek.

⁸ D. Ricardo, *op.cit.*, s.149-156. E. Phelps posługuje się przykładem podziału pracy między autorów melodii i słów piosenek, z których jeden jest lepszy od drugiego w jednym i drugim. *Political Economy*, Norton, New York 1985, s. 98-99.

⁹ Jest to nieco zmieniony przykład zaczerpnięty z pracy S. Brakman, H. Garretsen, C. van Marrewijk, A. van Witteloostuijn, *Nations and firms in the Global Economy. An Introduction to International Economics and Business*, Cambridge University Press, Cambridge 2006, s. 65-66.

Tablica 1. Wydajność pracy na godzinę

	Kraj A	Kraj B
Koszule	6	1
Komputery	4	2

Kraj A wytwarza koszule 6 razy bardziej efektywnie niż kraj B – w przypadku komputerów jego absolutna przewaga wynosi 2. Oznacza to, że kraj A dysponuje przewagą komparatywną nad krajem B w produkcji koszul. Dla odmiany kraj B notuje przewagę komparatywną w wytwarzaniu komputerów; dzieje się tak, ponieważ jego słabość na tym odcinku wynosi tylko $1/2$, natomiast w odniesieniu do koszul aż $1/6$. Do czego prowadzi identyfikacja przewag komparatywnych, jakie są skutki uznania ich za klucz do kształtowania się struktury produkcji w poszczególnych krajach?

Opiszmy najpierw, co się dzieje przed wprowadzeniem specjalizacji wytwarzania. Załóżmy, że kraj A dysponuje 4 godzinami pracy, które przeznacza po połowie na produkcję koszul i komputerów. Zasób czasu pracy w kraju B wynosi 12 i jest dzielony w proporcji 8:4 między produkcję koszul i komputerów. Ostatnia kolumna tablicy 2 przedstawia światową produkcję obu towarów, zanim pojawiła się specjalizacja.

Tablica 2. Produkcja przed wymianą handlową

	Kraj A (4 godziny pracy)	Kraj B (12 godzin pracy)	Produkcja światowa
Koszule	12	8	20
Komputery	8	8	16

Wysunęliśmy sugestię, że kraj A powinien dostarczać koszule, a kraj B komputery. Będzie to treścią zasady korzyści komparatywnych. Takie rozstrzygnięcie prowadzi do nowego rozkładu produkcji w skali międzynarodowej zapisanego na tablicy 3.

Tablica 3. Produkcja w warunkach handlu zgodnego z korzyściami komparatywnymi

	Kraj A	Kraj B	Produkcja światowa
Koszule	24	0	24
Komputery	0	24	24

Dla porównania w tablicy 4 przedstawiamy rozkład produkcji dokonany w sposób przeciwny w stosunku do tej zasady. Mamy teraz trzeci plan alokacji produkcji w dwóch krajach.

Tablica 4. Produkcja w warunkach handlu przeciwnego do korzyści komparatywnych

	Kraj A	Kraj B	Produkcja światowa
Koszule	0	12	12
Komputery	16	0	16

Jak widzimy, łączna produkcja światowa w sytuacji odwrotnej do określonej przez zasadę korzyści komparatywnych (tablica 4) oraz w sytuacji, gdy specjalizacji wytwarzania nie wdrożono wcale (tablica 2), przyjmuje rozmiary znacząco niższe od optymalnych (tablica 3).

Korzyści komparatywne różnych krajów

Uzupełnieniem zasady korzyści komparatywnych jest wskazanie źródeł uzyskania przez podmioty gospodarcze takich przewag. Istnieją trzy główne okoliczności służące budowie silnej pozycji międzynarodowej obszarów ekonomicznych. Są nimi: dostęp do czynników wytwórczych i odpowiadająca im niska czynnikochłonność (relacja nakładów do wyników), następnie klimat ułatwiający produkcję rolną lub łatwe

w eksploatacji bogactwa naturalne oraz dostępne i wdrożone rozwiązania technologiczne.¹⁰ Nie jest to, naturalnie, ogół warunków potrzebnych, by odnosić sukcesy międzynarodowe. Duże znaczenie ma, na przykład, opinia o producencie i marce producenta, mówi się wtedy o reputacyjnej przewadze konkurencyjnej.

Generalnie przewagi komparatywne biorą się z uwarunkowań naturalnych lub nabytych. Pierwsze należy wiązać z klimatem i obecnością bogactw przyrodniczych, drugie wynikają z istnienia w danym kraju odpowiedniego kapitału fizycznego, ludzkiego i społecznego oraz z opanowania niezbędnych technologii. W czasach Ricarda kraje specjalizowały się w wytwarzaniu konkretnych produktów finalnych mających przeznaczenie konsumpcyjne lub inwestycyjne, dzisiaj specjalizacja sięga coraz bardziej działań tworzących jedynie etapy w procesie wytwarzania towarów gotowych.¹¹

Poszukajmy przykładów przewag komparatywnych krajów, które to przewagi brałyby się z uwarunkowań naturalnych. Wskazuje się Stany Zjednoczone jako kraj odnotowujący przewagę w przypadku zboża i bawełny, Kanadę w przypadku drewna, a Sri Lankę gdy chodzi o herbatę. Australia, Gwinea, Jamajka, Wyżyna Gujańska i Wyżyna Brazylijska to znani dostawcy boksytów.

Można wskazać przewagi wynikające z wykorzystania naturalnych warunków wytwarzania, zupełnie niepowtarzalnych w skali świata. Miejscowość Grasse na francuskim Lazurowym Wybrzeżu jest uważana za światową stolicę perfum. Tamtejszy mikroklimat służy wyjątkowo dobrze wytwarzaniu aromatów naturalnych. Podobna sytuacja występuje w produkcji wielu gatunków wina. Indonezja, a w mniejszym stopniu pozostałe kraje Azji Południowo-Wschodniej, są dostawcami najdroższej

¹⁰ P. Krugman, R. Wells, *Mikroekonomia*, PWN, Warszawa 2013, s. 350-366.

¹¹ Economics. *Making Sense of the Modern Economy*, S. Datta (red.), The Economist, London 2011, s. 181-182.

kawy świata *kopi luwak*.¹² Taka sytuacja ujawnia ogromną przewagę miejscowych producentów, bardziej absolutną niż komparatywną. W przypadku kakao produkcję globalną zdominowały, chociaż nie zmonopolizowały, Wybrzeże Kości Słoniowej, Ghana i Indonezja. Kraje te notują przewagi bardziej komparatywne niż absolutne.

Obok przewag przyrodniczych obserwuje się przewagi komparatywne nabyte. Korea Południowa posiada je w przypadku statków handlowych, Wielka Brytania w usługach finansowych, USA w oprogramowaniu komputerowym, Chiny i Bangladesz w odzieży, a Szwajcaria miała je dawniej w wytwarzaniu dowolnych, a dzisiaj luksusowych zegarków.¹³ Przewag komparatywnych w produkcji określonych dóbr i usług nikt nie ma raz na zawsze, w miarę upływu czasu ulegają one zmianom. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku Japonia notowała przewagę komparatywną w produkcji samochodów; wynikała ona z posiadania lepszej, na tle USA i Europy, technologii. Dało to Japonii pozycję największego eksportera samochodów, której w okresie późniejszej nie potrafiła utrzymać.

Czy często przytaczane przykłady wskazują na korzyści komparatywne czy na korzyści absolutne? Czy atuty, jakimi dysponują w szczególności Bangladesz w produkcji odzieży, Szwajcaria w produkcji drogich zegarków i Stany Zjednoczone w oprogramowaniu komputerowym, stanowią korzyści absolutne czy komparatywne tych krajów? Nie są to pytania łatwe. Teoria korzyści komparatywnych, która ma charakter bardzo ogólny i w przypadku analizy więcej niż dwóch towarów, czynników i krajów, jest pozbawiona postaci precyzyjnej i nie rozstrzyga jednoznacznie, jakiego rodzaju przewagi decydują, na przykład, o koreańskich sukcesach w produkcji okrętowej. Brak pełnej jasności na gruncie teorii utrudnia analizę i klasyfikację konkretnych faktów.

¹² Ziarna tej kawy zyskują na smaku po przejściu przez układ pokarmowy cywety, zwierzątka nazywanego w regionie luwak, i następnym ich oczyszczeniu.

¹³ R.J. Carbaugh, *International Economics*, South-Western, Mason 2009, s. 51-54.

Sektorem chyba najbardziej chronionym przed konkurencją zagraniczną w wielu krajach wysoko rozwiniętych jest rolnictwo. Wspólna polityka rolna Unii Europejskiej ma swoje odpowiedniki na całym świecie. Z ekonomicznego punktu widzenia jest rzeczą wątpliwą, czy ta chroniona część gospodarki notuje przewagi komparatywne. Jednak, uwzględniając wymagania polityki, trudno wyobrazić sobie odejście od wsparcia rolnictwa i skoncentrowanie produkcji roślinnej i zwierzęcej tam, gdzie istnieją przewagi komparatywne, a tym bardziej przewagi absolutne.¹⁴

W dyskusjach ekonomicznych wiele miejsca poświęca się zaawansowanej formie współpracy niezależnych przedsiębiorstw, to jest klastrom. Powstanie takich grup przedsiębiorstw wymaga spełnienia trzech warunków: skoncentrowania w jednym miejscu dużych zasobów wytwórczych i umiejętności, uzyskania przez współpracujące organizacje wysokiej pozycji krajowej i międzynarodowej oraz odnotowania trwałych przewag komparatywnych.¹⁵ Występowanie klastrow traktuje się jako swoistą nobilitację regionu i działających na jego obszarze przedsiębiorstw. Przykładami takich grup przedsiębiorstw są Silicon Valley (informatyka), Silicon Fen (biotechnologia), Hollywood (produkcja filmów), Farnborough (przemysł lotniczy) i City of London (usługi finansowe).

Czy klastry oznaczają powstanie przewag komparatywnych czy przewag absolutnych? Definicja nie pozostawia formalnie biorąc wątpliwości, ale brak jasności co do rozumienia przewag utrudnia dyskusję o klastrach, podmiotach szczególnie ważnych we współczesnej gospodarce opartej na wiedzy.¹⁶

Zwróćmy uwagę na dwoistość ocen odnoszących się do praktycznej przydatności zasady korzyści komparatywnych. Z jednej strony jest podstawą myślenia o międzynarodowym podziale pracy. W jej świetle każdy

¹⁴ T. Cleaver, *Economics. The Basics*, Routledge, London 2004, s. 158.

¹⁵ M.E. Porter, *Clusters and the new economics of competition*, „Harvard Business Review”, 76, November/December 1998.

¹⁶ L.J. Jasiński, *Podstawy ekonomii*, OWPW, Warszawa 2013, s. 34-35.

kraj, także wytwarzający wszystkie towary drożej niż partnerzy, ma szansę włączyć się w proces powstawania produkcji globalnej i będzie to odbierane pozytywnie przez pozostałe kraje. Zasada korzyści komparatywnych nie przekreśla działań chroniących daną gospodarkę przed konkurencją zewnętrzną, ale nakazuje jednak podchodzić z dużą ostrożnością do protekcyjnej ochrony własnego systemu ekonomicznego, zwłaszcza rozbudowanej. Są to pozytywne strony tego prawa ekonomicznego.

Z drugiej strony, upowszechnianie się tej zasady grozi powstawaniem jednostronnej struktury gospodarczej i rezygnacją z nowoczesności. Na przykład, w świetle dyskutowanej teorii analizowany dany kraj powinien wybrać, uwzględniając swe zasoby naturalne, produkcję żywności lub tarcicy w miejsce elektroniki i biotechnologii. Niezależnie od przekreślenia ambicji rozwojowych, taka sektorowa jednorodność struktury gospodarki silnie uzależnia ten kraj od koniunktury światowej.¹⁷ Przed laty Sri Lanka ograniczała aktywność gospodarczą do produkcji herbaty, która udaje się na tej wyspie znakomicie, ale dopiero dywersyfikacja produkcji i eksportu przyspieszyła rozwój tego kraju. Zasada korzyści komparatywnych przedstawia gospodarkę międzynarodową w postaci statycznej i nie wypowiada się na temat zmian zachodzących w czasie.

Prawo korzyści komparatywnych w przypadku „dwa na dwa” i w przypadku dowolnym

W modelu funkcjonowania gospodarki światowej przyjmujemy poniższe założenia. Istnieje tylko jeden czynnik wytwórczy w postaci pracy, której nakład daje się zmierzyć, na przykład w postaci czasu jej trwania. Występują różnice w wydajności produkcji towarów

¹⁷ L.J. Jasiński, *Sektory przemysłu i wiedzy. Ewolucja struktury gospodarki*, OWPW, Warszawa 2011, s. 71.

w poszczególnych krajach, czego przyczyn nie wyjaśniamy. Praca jest doskonale mobilna wewnątrz krajów, a więc także między różnymi sektorami wytwórczymi, nie jest natomiast w analogicznym stopniu przenośna w wymiarze międzynarodowym. Wydajność pracy nie zmienia się na skutek wzrostu lub spadku produkcji, pozostaje stała przy każdym poziomie wytwarzania.

Ogólne sformułowanie zasady korzyści komparatywnych, obrazujące przypadek dwóch krajów i dwóch towarów (model „dwa na dwa”, *two-by-two model*), przyjmuje postać następującą:¹⁸ dane są kraje A i B oraz towary C i F (skrótory wzięte z *cloth* i *food*, sukno i żywność, zgodnie z pierwotnym przykładem Ricarda). Przez l_C^A oznaczamy nakład potrzebny do wytworzenia towaru C w kraju A , analogicznie zapisujemy nakład w przypadku towaru F i kraju B . Prawo korzyści komparatywnych stwierdza, że kraj A będzie produkował towar F wtedy i tylko wtedy, gdy

$$(1) \quad \frac{l_F^A}{l_C^A} < \frac{l_F^B}{l_C^B}$$

Proste przekształcenie zależności (1)

$$(2) \quad \frac{l_F^A}{l_C^A} < \frac{l_F^B}{l_C^B}$$

pozwala zauważyć, że kraj A będzie produkował towar F wtedy i tylko wtedy, gdy relatywne wymagania odnoszące się do zużycia nakładów do produkcji tego towaru są u niego niższe niż w przypadku kraju B .

Zasadę korzyści komparatywnej można sformułować, posługując się pojęciem kosztu alternatywnego. Oznacza on wartość powstającą w razie odmiennego od dotychczasowego wykorzystania dostępnych zasobów. Wybrany kraj notuje przewagę komparatywną, jeżeli koszt alternatywny

¹⁸ L.A. Winters, *International Economics*, Routledge, London 1991, s.17-18.

wytworzenia rozpatrywanego dobra lub usługi w danym kraju jest relatywnie niższy w porównaniu do innych krajów.¹⁹

Jak odejść od nierealistycznego założenia, że na świecie istnieją jedynie dwa kraje oraz że przedmiotem produkcji i handlu są tylko dwa towary?²⁰ Oryginalny model ricardiański nie jest w istocie modelem „dwa na dwa” (*two-by-two model*), ale modelem „dwa na dwa na jeden” (*two-by-two-by-one model*), bierze się w nim bowiem pod uwagę tylko jeden czynnik wytwórczy: pracę. Czy możliwy jest model *I* na *J* na *K* (*I-by-J-by-K model*), w którym *I*, *J* oraz *K* są dowolnymi liczbami naturalnymi, oznaczającymi *I* liczbę towarów, *J* liczbę czynników wytwórczych i *K* liczbę krajów? Jakie trudności niesie ze sobą próba uogólnienia modelu?

W literaturze znajdziemy opis dwóch przypadków bardziej ogólnych niż model „dwa na dwa”, który naszym zdaniem jest faktycznie modelem „dwa na dwa na jeden”. Obie bardziej ogólne sytuacje obrazują wzory (3) i (4). Pierwszy wzór dotyczy przypadku, gdy liczba krajów wynosi $K=2$, natomiast liczba towarów *I* jest dowolna, drugi wzór, gdy liczba krajów *K* jest dowolnie duża, a liczba towarów $I=2$. W obu sytuacjach stosuje się nadal tylko jeden czynnik wytwórczy $J=1$, przy czym to ostatnie założenie wprowadza się milcząco i traktuje jako naturalne.

$$(3) \quad \frac{l_1^A}{l_1^B} \leq \frac{l_2^A}{l_2^B} \leq \dots \leq \frac{l_1^A}{l_1^B}$$

$$(4) \quad \frac{l_F^1}{l_C^1} \leq \frac{l_F^2}{l_C^2} \leq \dots \leq \frac{l_F^K}{l_C^K}$$

Stoimy dwukrotnie przed problemem znalezienia punktu cięcia (*cutoff point*): wyboru odpowiedniego wyrazu w ciągu relacji nakładów pracy (3) lub (4). Jeżeli mamy rozciąć ciąg dwuwyrazowy i zbudować

¹⁹ W.F. Samuelson, S.G. Marks, *Ekonomia menedżerska*, PWE, Warszawa 2009, s. 269.

²⁰ P.R. Krugman, M. Obstfeld, *International Economics. Theory and Policy*, Addison-Wesley, Boston 2003, s. 26-28.

dwa podciągi jednowyrazowe, co działo się w przypadku 2×2 , ze wskazaniem punktu cięcia nie ma kłopotu. Jeżeli natomiast ciąg składa się z co najmniej trzech wyrazów, pojawia się trudność, w jaki sposób to zrobić. Który wyraz w ciągu (3) będzie ostatnim przypisanym krajowi *A*, a który wyraz zostanie zaszeregowany jako pierwszy przypisany krajowi *B*? Jak w analogiczny sposób trzeba „rozciąć” ciąg (4), rozdzielając produkcję dwóch towarów między wiele krajów? Dotychczasowa analiza układu 2×2 nie podsuwa konkretnej reguły wyboru punktu cięcia w nowym przypadku. Można jedynie stwierdzić, że w sytuacji z dwoma krajami i wieloma towarami położenie punktu cięcia powinno zależeć od bieżącego poziomu międzynarodowej podaży i bieżącego popytu na różne towary.

Trudność ze znalezieniem punktu cięcia i dokonaniem podziału ciągu (4) wynika z potrzeby wprowadzenia dodatkowego, umożliwiającego taki posunięcie kryterium. Bez niego, pozostając przy uporządkowanym zestawie relacji nakładów, podział ciągu jest niemożliwy i zawsze będzie pozbawiony uzasadnienia.

O tym, jak w praktyce przedstawia się ciąg towarów, które należy rozdzielić między dwa kraje, daje pogląd tablica 5. Przedstawia ona uproszczone spektrum przewag komparatywnych Stanów Zjednoczonych i Japonii. Im bliżej określona grupa produktów znajduje się biegunów, jakim są oba te kraje, tym większe są w przypadku tych towarów przewagi komparatywne kraju-bieguna. I tak, rosnący popyt na półprzewodniki, a w ślad za tym wzrost ich cen, będzie przesuwiał punkt cięcia w stronę Japonii, powiększając obszar jej przewag. Spadek popytu na półprzewodniki spowoduje ruch odwrotny w stronę USA.

Tablica 5. Spektrum przewag komparatywnych USA i Japonii

Przewagi USA	Chemia	Odrzutowce	Komputery	Samochody	Stal	Półprzewodniki	Przewagi Japonii
--------------	--------	------------	-----------	-----------	------	----------------	------------------

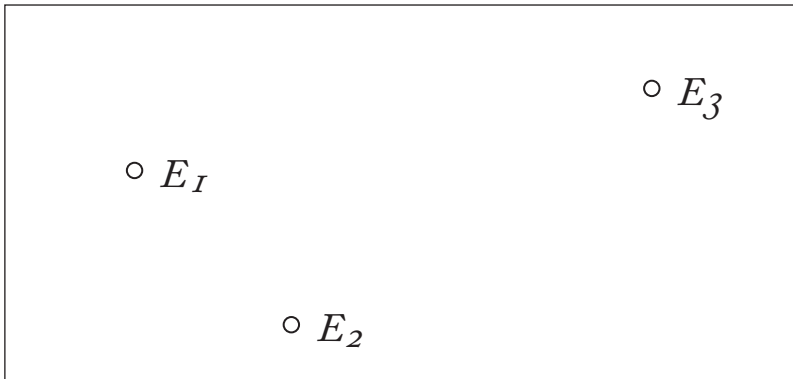
Źródło: R.J. Carbaugh, *International Economics*, South-Western, Mason 2009, s. 49.

Poszukiwanie punktu cięcia w ciągu (4) przypomina problem podziału dóbr między konsumentów, opisywany przez wykres Edgewortha (*Edgeworth box*). Ta forma prezentacji, bo nie rozstrzygnięcia, problemu podziału została opublikowana w 1881 roku. Przykład rozdzielenia dóbr przedstawia tablica 6.

W danym układzie występuje dwóch konsumentów i są dostępne dwa dobra w ilościach 10 i 5. Jak podzielić te dobra między konsumentów? Trzy przykładowe sposoby podziału reprezentują na wykresie (6) punkty. Podział dobra *I* między konsumentów odczytujemy na osi odciętych, zaś podział dobra *II* na osi rzędnych. Część otrzymywaną przez konsumenta 1 znajdujemy, wyróżniając odcinek zaczynający się w punkcie 0 i przesuwając się w prawo. Część otrzymywaną przez konsumenta 2 reprezentuje odcinek zaczynający się w przeciwnym rogu prostokąta, z którego należy przesunąć się w lewą stronę.²¹

Tablica 6. Podział dwóch dóbr między dwóch konsumentów, wykres Edgewortha

Dobro 2 w ilości 5



o *Dobro 1 w ilości 10*

²¹ A. Schotter, *Microeconomics. A Modern Approach*, South-Western, Mason 2009, s. 524

Trzy przykładowe sposoby podziału dóbr E_1 , E_2 i E_3 z wykresu 6. zostały dodatkowo opisane w tablicy 7.

Tablica 7. Wybrane sposoby podziału Edgewortha dwóch dóbr między dwóch konsumentów

	Konsument 1	Konsument 2
Punkt E_1		
Dobro 1	2	8
Dobro 2	3	2
Punkt E_2		
Dobro 1	4	6
Dobro 2	1	4
Punkt E_2		
Dobro 1	8	2
Dobro 2	3	2

Przypadki dwóch krajów i dowolnej liczby produktów oraz dowolnej liczby krajów i dwóch produktów analizowali G. Haberler²² i J. Viner.²³ Model zagregowanej produkcji światowej z wieloma towarami i krajami F.D. Grahama, sprowadzający się do układu równań i nierówności, pozwala wyznaczyć plan wytwarzania towarów metodą prób i błędów.²⁴ Przekształcenia tego modelu drogą wprowadzenia kryterium efektywności dokonał dwukrotnie, przy użyciu podobnych metod, L.W. McKenzie.²⁵ R.W. Jones zajął się przydziałem poszczególnym krajom zadań produkcji różnych

²² G. Haberler, *The Theory of International Trade*, W. Hodge, London 1933.

²³ J. Viner, *Studies in the Theory of International Trade*, Harper, New York 1937.

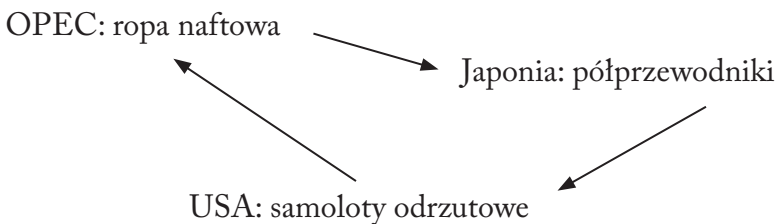
²⁴ F.D. Graham, *The Theory of International Values*, Princeton University Press, Princeton 1948.

²⁵ L.W. McKenzie, *Specialisation and Efficiency in World Production*, „The Review of Economic Studies”, 21, 1953, (3): 165–180, L.W. McKenzie, *Specialization in Production and the Production Possibility Locus*, „The Review of Economic Studies”, 23, 1955, (1): 56–64.

towarów, kiedy liczba krajów i liczba towarów są sobie równe.²⁶ Równocześnie utrzymał założenie, że w gospodarce światowej znajduje wykorzystanie tylko jeden czynnik wytwórczy w postaci pracy. Szukał on sposobu przydziału krajom konkretnego towaru, biorąc pod uwagę relacje nakładów pracy. Pozwoliło to zbudować tablicę przypominającą macierz przepływów międzygałęziowych.

Zaczerpnięty z literatury schemat przedstawiony w tablicy 8. opisuje handel między trzema podmiotami w gospodarce światowej, z których każdy oferuje inny towar. Towar ten jest przedmiotem eksportu do jednego partnera, który z kolei również sprzedaje tylko jeden rodzaj towaru jednemu partnerowi. Kierunek przepływu towarów opisują strzałki. W tym przykładzie występują trzy towary. Jest to jednak tylko na pozór model „trzy na trzy”, ponieważ kiedy rozpatrujemy relacje między dwoma krajami, ograniczamy się do jednego towaru.

Tablica 8. Handel wielostronny między państwami OPEC, Japonią i USA



Źródło: R.J. Carbaugh, *International Economics*, South-Western, Mason 2009, s.50.

W teorii nie ma jednak opisu zasady korzyści komparatywnych, gdy występują więcej niż dwa kraje, towary lub zasoby czynników wytwórczych.

²⁶ R.W. Jones, *Comparative Advantage and the Theory of Tariffs: A Multi-Country, Multi-Commodity Model*, „The Review of Economic Studies”, 28, 1961, (3): 161–175.

Zasada korzyści komparatywnych i programowanie liniowe

Zasadę korzyści komparatywnych uogólnimy na przypadek wielu towarów, wielu czynników wytwórczych i wielu krajów. Zbudujemy model I na J na K (*I-by-J-by-K model*). W analizowanym układzie występuje I towarów, J zasobów czynników wytwórczych oraz K krajów.

Podobnie jak w układzie „dwa na dwa” przyjmujemy pewne założenia dotyczące funkcjonowania gospodarki światowej. Rozpatrujemy wiele czynników wytwórczych, nie tylko pracę. Czynniki te są zlokalizowane w postaci zasobów dostępnych na dwa sposoby: albo są to zasoby znajdujące się w poszczególnych krajach do wykorzystania wyłącznie przez producentów lokalnych, albo zasoby tworzące ofertę pod adresem wszystkich producentów na świecie. Czynniki wytwórcze są doskonale mobilne w poszczególnych krajach, ale w świetle przyjętego właśnie założenia, niekoniecznie przepływają z kraju do kraju. Tak jak poprzednio, nie wyjaśniamy różnic w wydajności wytwarzania w różnych krajach. Osiągana wydajność nie zależy od poziomu produkcji.

Niech x_{ik} oznacza wielkość produkcji towaru i w kraju k , a b_{jk} zasób czynnika wytwórczego j dostępny w kraju k , $i=1, \dots, I$, $j=1, \dots, J$, $k=1, \dots, K$. Niech dalej współczynnik a_{ijk} wyraża nakład czynnika j potrzebny w kraju k do wytworzenia towaru i . Współczynniki a_{ijk} nazwiemy technologicznymi. Podobnie jak zasoby czynników wytwórczych dają się one wyrazić wartościowo, co pozwala na ich konfrontowanie ze sobą. Współczynniki w postaci pieniężnej są jednostkowymi kosztami produkcji. Wyobraźalny jest wariant z wielkościami fizycznymi, a także wariant mieszany, ze współczynnikami wartościowymi i fizycznymi.

Chcemy wyznaczyć plan wytwarzania wszystkich towarów w poszczególnych krajach, maksymalizujący produkcję w skali świata i uwzględniający rozkład zasobów czynników wytwórczych. Plan taki

wyznaczymy, rozwiązując zadanie programowania liniowego prowadzące do maksymalizacji funkcji:

$$(5) \quad \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{ik} \rightarrow \max$$

przy warunkach

$$(6) \quad \sum_{i=1}^I a_{ijk} x_{ik} \leq b_{jk}, \quad j = 1, \dots, J, \quad k = 1, \dots, K,$$

$$(7) \quad x_{ik} \geq 0, \quad i = 1, \dots, I, \quad k = 1, \dots, K.$$

W warunkach (6) w miejsce nierówności słabych można wprowadzić równania, postulując pełne wykorzystanie dostępnych zasobów. W tym rozdziale pozostaniemy przy nierównościach, konstruując przykłady liczbowe, sięgniemy także po równania. Z uwagi na nieujemność parametrów zadanie (5)-(7), jeżeli nie jest sprzeczne, ma zawsze rozwiązanie optymalne.

Czy wolno jest dodawać do siebie w funkcji celu (5) rozmiary produkcji różnych towarów? Jeżeli jest ona wyrażona wartościowo, nie ma przeszkód, by tak robić. Jeżeli podajemy ją w formie ilościowej, staje się to niemożliwe.

Uznaliśmy, że zależność między łącznym zużyciem czynników wytwórczych a wielkością produkcji opisuje funkcja liniowa. Wprowadziliśmy ją do warunków ograniczających (6). Jest to konsekwencją założenia o stałej wydajności przy zmieniających się rozmiarach produkcji. Jeżeli dojdziemy do wniosku, że lepszy opis tej zależności daje funkcja nieliniowa, warunki (6) należy odpowiednio zmodyfikować. Uzyskamy wtedy zadanie programowania nieliniowego. W niektórych sektorach gospodarki zwiększenie produkcji o określony odsetek wymaga zwykle powiększenia nakładów czynników o odsetek nieco niższy, dzieje się tak zwłaszcza

w przemyśle samochodowym, lotniczym i petrochemicznym. Taka modyfikacja komplikuje problem od strony obliczeniowej.

Część zasobów czynników wytwórczych została ulokowana na stałe w poszczególnych krajach, część pozostaje przedmiotem swobodnego obrotu międzynarodowego. Uwzględnimy ten fakt w modelu. Przyjmujemy, że zasoby czynników o numerach $1, \dots, J'$ są trwale umiejscowione w poszczególnych krajach, natomiast pozostałe zasoby czynników o numerach $J'+1, \dots, J$ są ogólnie dostępne, tworzą wspólne pule i mogą znaleźć wykorzystanie w dowolnym kraju. Dlatego w miejsce zespołu warunków ograniczających (2) wprowadzamy dwie grupy ograniczeń:

$$(8) \quad \sum_{i=1}^I a_{ijk} x_{ik} \leq b_{jk}, \quad j = 1, \dots, J', \quad k = 1, \dots, K,$$

$$(9) \quad \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K a_{ijk} x_{ik} \leq b_j, \quad j = J'+1, \dots, J,$$

gdzie b_j jest zasobem czynnika wytwórczego j dającym się zastosować na całym świecie.

Użyliśmy wyżej dwóch wyrażeń „zasoby czynnika wytwórczego” i „czynnik wytwórczy”, których treści się różnią. Zadaniu programowania liniowego ilustrującemu międzynarodowy podział pracy nadaliśmy faktycznie trzy postacie. Pierwsze sformułowanie opisuje rozdzielanie wszystkich czynników wytwórczych między poszczególne kraje, jest to zadanie (5), (6), (7). Ten sam czynnik pojawia się tu w poszczególnych krajach jako odrębny lokalny zasób. Drugie sformułowanie obrazuje rozdzielanie części czynników między kraje oraz powszechny dostęp do pozostałych czynników; jest to zadanie programowania liniowego (5), (7), (8), (9). Również tutaj wiele czynników będzie się powtarzało jako osobne zasoby więcej niż raz, chociaż nie wszystkie. Na koniec sformułowanie trzecie odpowiada powszechnemu dostępowi do wszystkich czynników (5), (7), (9), gdy $J'=0$. Za trzecim razem liczby zasobów czynników i samych czynników są sobie równe.

Te trzy sytuacje ekonomiczne nazwiemy odpowiednio przypadkami P, Q i R. W każdym z nich liczba zmiennych decyzyjnych pozostaje taka sama i równa $I \times K$. W przypadku P wprowadza się tyle warunków ograniczających, ile wynosi wynik przemnożenia liczby czynników przez liczbę krajów. W przypadku Q pojawia się $J \times K + (J - J')$ warunków ograniczających, jest to suma iloczynu liczby czynników rozdzielonych przez liczbę krajów, powiększona o liczbę czynników nierozdzielonych. W przypadku ostatnim oznaczonym jako R liczba warunków ograniczających jest równa liczbie czynników wytwórczych.

W praktyce dominuje przypadek Q. Z ekonomicznego punktu widzenia sytuacje nazwane przez nas P i R opisują rzadko się pojawiające rezultaty międzynarodowego podziału pracy. Warunki charakteryzujące najczęściej wielostronny rozdział planów produkcyjnych składają się na przypadek Q.

Zadanie programowania liniowego (5), (6), (7) w przypadku P może zostać zastąpione przez wiele zadań mniejszych rozmiarów. W miejsce jednego zadania z $I \times K$ zmiennymi i z $J \times K$ warunkami ograniczającymi otrzymujemy K zadań z I zmiennymi i z J warunkami ograniczającymi. Dla każdego $k=1, \dots, K$ otrzymujemy zadanie postaci:

$$(10) \quad \sum_{i=1}^I x_{ik} \rightarrow \max$$

przy warunkach

$$(11) \quad \sum_{i=1}^I a_{ijk} x_{ik} \leq b_{jk}, \quad j = 1, \dots, J,$$

$$(12) \quad x_{ik} \geq 0, \quad i = 1, \dots, I.$$

Dekompozycja zadania wyjściowego jest ważna nie tylko dla techniki obliczeniowej, ma również znaczenie interpretacyjne. Rozdzielenie zasobów wszystkich czynników wytwórczych między różne kraje

(przypadek P) powoduje, że maksymalizacja produkcji w skali świata sprowadza się do maksymalizacji produkcji w poszczególnych krajach, za każdym razem na podstawie zasobów posiadanych przez nie na wyłączność. Budowa optymalnego planu produkcji dla kraju k dokonuje się niezależnie od tego, co dzieje się za granicą. Taką niezależność przerywa pojawienie się zasobów pewnych czynników wytwórczych dostępnych dla wszystkich krajów, a więc nie podzielonych.

Efekt odmienny pojawia się w przypadku R, kiedy mamy do czynienia wyłącznie z zasobami dostępnymi w całości dla wszystkich podmiotów gospodarki światowej. Jest tutaj możliwe skoncentrowanie wytwarzania określonego towaru w jednym kraju. Co równie istotne, staje się też rzeczą realną produkcja w skali globalnej jedynie niektórych towarów. Wystarcza to do maksymalizacji funkcji celu i pozwala zagospodarować w pełni dostępne zasoby. Taki efekt będzie sprzeczny z milczącym postulatem teorii korzyści komparatywnych, by wszystkie rozważane towary w liczbie I zostały skierowane do produkcji, oraz, co jest postulatem podstawowym, wypowiedianym wprost, by w każdym kraju została zlokalizowana jakaś działalność produkcyjna.

Jeżeli liczba czynników wytwórczych J jest dużo mniejsza od liczby zmiennych decyzyjnych $I \times K$, wtedy w rozwiązaniu optymalnym zadania (5), (7), (9) wartość różną od zera przyjmą tylko nieliczne zmienne. Jeżeli, na przykład, mamy dwa czynniki wytwórcze $J=2$, trzy kraje $K=3$ oraz trzy towary $I=3$, w rozwiązaniu optymalnym tylko dwie zmienne decyzyjne przyjmą wartość niezerową. Produkcja jakiegoś towaru nie zostanie uruchomiona, a produkcja dwóch pozostałych towarów może zostać skoncentrowana w jednym kraju. Jest to konstatacja zgodna z intuicją: maksymalizacja produkcji globalnej wymaga jej skupienia w jednym kraju, tam, gdzie jest najbardziej efektywna. Uzasadnione jest także zaniechanie wytwarzania niektórych towarów, wymagających większego zużycia czynników, na rzecz towarów nie wymagających ich

tak dużo. Ale nie są to oczekiwania wstępne zgodnie z zasadą korzyści komparatywnych.

Dlatego powtórzmy, z praktycznego punktu widzenia wielostronny rozdział planów produkcyjnych staje się najważniejszy w przypadku Q i właśnie nim warto się zajmować. Zasoby wytwórcze są wtedy częściowo umiejscowione na stałe w poszczególnych krajach, a pozostałe tworzą pulę dostępną dla wszystkich krajów. Przypadki P i R mają znaczenie teoretyczne i uzupełniające.

Do rozstrzygnięcia pozostaje sprawa ostatnia: kto rozwiązuje zadanie programowania liniowego pozwalające na alokację planów produkcji w skali międzynarodowej? Podobnie jak w przypadku modelu „dwa na dwa” (1) i (2) o rodowodzie ricardiańskim czyni to opisana przez Adama Smitha „niewidzialna ręka rynku”, czyli posiadający zdolność samoregulacji mechanizm rynku.²⁷ Tak w gospodarce narodowej, jak i w gospodarce światowej występuje zespół działań podmiotów gospodarczych podejmowanych niezależnych od siebie, ale ze sobą zharmonizowanych. Podmioty gospodarcze z różnych krajów podejmują niezależne decyzje, tworzące wewnątrznie zgodną sieć planów zużycia zasobów czynników i wytwarzania towarów.

Korzyści absolutne i komparatywne w modelu uogólnionym

Powiedzieliśmy wcześniej, że handel międzynarodowy jest opłacalny dla wszystkich, także wtedy, gdy jeden kraj wytwarza wszystkie produkty taniej niż jego partnerzy, a inny kraj produkuje wszystko drożej.

²⁷ Pamiętajmy, że Adam Smith rozumiał „niewidzialną rękę rynku” jako społeczną harmonię obecną w indywidualnych działaniach podmiotów rynkowych, a nie jako nieobecność rządu w gospodarce.

Warunkiem ogólnie korzystnej wymiany nie musi być absolutna przewaga jednego kraju w produkcji określonego towaru, wystarczy, by pojawiła się przewaga komparatywna. Oba rodzaje przewag zwykle nie występują równocześnie, chociaż przenośność nakładów produkcyjnych powoduje, że pozostają od siebie zależne.²⁸ Skoncentrowanie się na obszarach przewag komparatywnych w miejsce przewag absolutnych prowadzi do wzrostu światowych rozmiarów produkcji i konsumpcji. Ustanawianie przeszkód w handlu międzynarodowym zakłóca te zjawiska, powodując zmniejszenie wolumenu światowej produkcji.²⁹

Tyle mówi istniejąca teoria. Jak jednak w praktyce ustalić, który kraj dysponuje konkretną przewagą absolutną lub komparatywną w realnym świecie, dużo bardziej złożonym niż nieskomplikowany i mający walory dydaktyczne układ $2 \times 2 \times 1$? W rzeczywistości mamy do czynienia z wieloma towarami, czynnikami wytwórczymi i krajami, a wtedy teoria korzyści komparatywnych natrafia na trudności definicyjne. Co zmienia wykorzystanie w niej programowania liniowego? Jak posługiwać się pojęciami przewagi absolutna i komparatywna w dyskusjach na tematy gospodarcze, kiedy chcemy stwierdzić, jakiego rodzaju przewagi notują poszczególne kraje?

Do przedstawienia definicji korzyści absolutnych będzie nam potrzebna macierz współczynników technologicznych a_{ijk} , natomiast do zdefiniowania korzyści komparatywnych rozwiązanie optymalne zadania programowania liniowego, tworzącego uogólniony model międzynarodowego podziału pracy. Takim rozwiązaniem jest zestaw wartości zmiennych x_{ik} , gdzie $i = 1, \dots, I$, $k = 1, \dots, K$.

Powiemy, że kraj k^* posiada przewagę absolutną w wytwarzaniu towaru i , jeżeli suma kosztów zużycia czynników potrzebnych do powstania

²⁸ R.E. Caves, J.A. Frankel, R.W. Jones, *Handel i finanse międzynarodowe*, PWE, Warszawa 1998, s. 222, 227.

²⁹ H. Landreth, D.C. Colander, *op.cit.*, s. 153.

towaru okazuje się w przypadku tego kraju najmniejsza. Sumujemy jednostkowo zużycie poszczególnych czynników wytwórczych:

$$(13) \quad \sum_{j=1}^J a_{ijk^*} = \min_{1 \leq k \leq K} \sum_{j=1}^J a_{ijk}.$$

Definicja (13) nie oznacza zmiany w stosunku do stanowiska wywodzącego się z pracy Adama Smitha.

Powiemy, że kraj k^{**} posiada przewagę komparatywną w wytwarzaniu towaru i , jeżeli w rozwiązaniu optymalnym zadania programowania liniowego, będącego uogólnionym modelem międzynarodowego podziału pracy, zachodzi nierówność

$$(14) \quad x_{ik^{**}} > 0.$$

Przewagę komparatywną w odniesieniu do wybranego towaru utożsamiamy zatem z istnieniem produkcji tego towaru w danym kraju w warunkach globalnego podziału pracy.

Obie definicje powstały na gruncie modelu z wykorzystaniem programowania liniowego. W jaki sposób przenieść je na grunt popularnych dyskusji ekonomicznych i codziennych obserwacji gospodarki światowej? Zachowując istotę obu określeń natury teoretycznej, można powiedzieć, że dany kraj posiada przewagę komparatywną w wytwarzaniu pewnego towaru, gdy przy braku silnej ochrony przed konkurencją zagraniczną okazuje się jego producentem przez długi okres. „Niewidzialna ręka” rynku międzynarodowego, która „rozwiązuje” zadanie programowania liniowego (5)-(7), czyni dany kraj na długo wytwórcą rozpatrywanego towaru. Nazwijmy to „pragmatyczną definicją korzyści komparatywnych” w odróżnieniu od definicji na gruncie teorii. Natomiast kraj posiada przewagę absolutną w wytwarzaniu pewnego towaru, gdy odnotowuje najniższe koszty produkcji, do czego przekonuje macierz współczynników technologicznych a_{ijk} lub inne podobne do niej statystyczne zestawienia kosztów. Na praktyczne pytanie o występowanie korzyści komparatywnych

odpowiedź jest łatwa i wymaga poznania struktury handlu międzynarodowego; programowanie liniowe nie jest konieczne. Pytanie o korzyści absolutne wymaga rozbudowanej analizy statystycznej.

Korzyści absolutne zgodnie z (13) oraz korzyści komparatywne zgodnie z (14) nie muszą się pokrywać. Najpierw została wprowadzona precyzyjna forma rozgraniczenia od siebie tych pojęć na gruncie teorii, obecnie na gruncie praktyki. W obu sytuacjach oba pojęcia nie pokrywają się ze sobą.

W uogólnionym modelu korzyści komparatywnych wyróżniliśmy trzy sytuacje, które nazwaliśmy przypadkami P, Q i R. W przypadku P nie mamy do czynienia z globalnym podziałem pracy, rozstrzygnięcie problemu o wymiarze uniwersalnym zastępuje rozwiązanie wielu problemów o zasięgu lokalnym. W przypadku R jest prawdopodobne wygaszenie wszelkiej produkcji w niektórych krajach, co jest sprzeczne z oczekiwaniami towarzyszącymi powstaniu omawianej przez nas teorii. Pojęcie korzyści komparatywnych rozumianych zgodnie z definicją (14) znajduje wykorzystanie również w obu tych szczególnych sytuacjach, jednak najważniejszy i najczęściej spotykany okazuje się przypadek Q. Wiadomo wtedy z góry, że każdy kraj będzie produkować jakieś towary i z pewnością zanotuje z tego powodu pewne korzyści komparatywne.

Definicja pragmatyczna (14) pozwala na wprowadzenie pojęć dodatkowych, pokrewnych w stosunku do zdefiniowanych wcześniej. Znajdąc rozwiązanie optymalne zadania programowania liniowego i zmienne spełniające warunek dodatniości (14), możemy obliczyć udziały poszczególnych krajów w łącznej produkcji towarów na świecie:

$$u_{ik} = \frac{x_{ik}}{\sum_{m=1}^K x_{im}} .$$

Dla kraju k towary, którym odpowiadają największe udziały u_{ik} , są związane z „głównymi korzyściami komparatywnymi”. Tam, gdzie udziały okazują się mniejsze, ale ciągle znaczące, powiemy o „dodatkowych

korzyściach komparatywnych”. Korzyści główne i dodatkowe tworzą łącznie korzyści komparatywne.

Dla uzyskania bardziej pogłębionej oceny korzyści komparatywnych kraju k warto jest porównać ze sobą wektor u udziałów danego kraju w zsumowanej produkcji poszczególnych towarów oraz wektor w relacji współczynników technologicznych. Oba wektory mają postać:

$$u = (u_{1k}, \dots, u_{Ik}),$$

$$w = (w_{1k}, \dots, w_{Ik}),$$

gdzie
$$w_{ik} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \frac{v_{ik}}{a_{ijk}}, \quad v_{ik} = \min_j a_{ijk}.$$

Jeżeli składowe wektorów u i w są do siebie proporcjonalne dokładnie lub w przybliżeniu, oznacza to, że potencjalna łatwość wytwarzania różnych towarów przełożyła się na pozycję danego kraju w produkcji światowej. Do zmierzenia, na ile proporcjonalne są składowe wektorów u i w , pomocny jest ich iloczyn skalarny podzielony przez iloczyn długości obu wektorów. Jest on równy cosinusowi kąta między tymi wektorami.³⁰ Im mniejszy jest ten kąt, tym bardziej proporcjonalne do siebie są składowe wektorów u i w .

Dokonując takiego porównania wektorów, pozostajemy na gruncie analizy teoretycznej. Możemy od niej odejść, zastępując wektor u , zbudowany z planów produkcji wynikających z modelu optymalizacyjnego, przez wektor poziomu produkcji występującej w rzeczywistości. Pozwoli to na konfrontację wielkości realnych z korzyściami komparatywnymi wskazanymi przez model. Oznaką zmaterializowania się korzyści absolutnych jest zbieżność udziału kraju w produkcji światowej z przeciętnie niskim, na tle innych krajów, zużyciem nakładów czynników wytwórczych.

³⁰ I.N. Bronsztejn, K.A. Siemiendajew, *Matematyka. Podręcznik encyklopedyczny*, PWN, Warszawa 1970, s. 650.

Uczynimy na koniec pewną uwagę natury terminologicznej i językowej. Przymiotnik „komparatywny”, jaki za Ricardem znajduje się w ekonomii w powszechnym użyciu, jest w istocie trochę mylący, a z pewnością mało precyzyjny. Wyraz „komparatywny” znaczy przecież „porównawczy” lub „względny”, a charakter porównawczy mają nie tylko korzyści nazwane komparatywnymi, lecz także korzyści absolutne. Być może w miejsce wyrażen „przewagi absolutna i komparatywna” byłoby lepiej powiedzieć „przewagi konkurencyjna (bo tu występuje dominacja) i komparatywna (lub porównawcza, tutaj dominacji nie ma)”. Naturalnie, nie warto poszukiwać innego wyrażenia na oznaczenie pojęcia, które zadomowiło się na dobre w teorii funkcjonowania gospodarki światowej, gdyby jednak sięgać po terminy bardzo dokładnie ilustrujące wyrażane przez siebie treści, być może trzeba byłoby mówić o korzyściach względnych, nabytych lub posiadanych zamiast komparatywnych. Spotyka się w tym miejscu wyrażenie wieloznaczne: „relatywnie bardziej efektywny”.³¹ Przymiotnik „ujawniony”, jaki również wydaje się odpowiedni, został zarezerwowany w ekonomii międzynarodowej do innych potrzeb; o ujawnionych korzyściach komparatywnych piszemy w dalszej części pracy.

W gruncie rzeczy określenie „korzyść komparatywna” należy uznać za mało fortunne, lecz projektowanie innego określenia mija się z celem, gdyż może doprowadzić do zamieszczania terminologicznego.

Praca jako czynnik wytwórczy w teorii produkcji i handlu

W uogólnionej teorii korzyści komparatywnych uwzględnia się wiele czynników wytwórczych, natomiast w modelu Ricarda tylko jeden. Jest

³¹ P.A. Samuelson, W.D. Nordhaus, *op. cit.*, s. 901.

nim praca, której wielkość mierzy się często, licząc wydatkowany czas. Ekonomia klasyczna uznawała pracę za kluczowy czynnik wytwórczy. Ricardo pisał, że we wszystkich krajach w każdym czasie zyski zależą od ilości pracy koniecznej do tego, by wytworzyć rzeczy niezbędne do życia.³² Czy przyjęcie założenia o występowaniu jednego czynnika wytwórczego w postaci pracy pozostaje realistyczne na początku XXI wieku?

Osoby zarządzające przedsiębiorstwami muszą w praktyce uwzględnić wpływające z różnych źródeł wymagania odnoszące się do długości czasu pracy. Określają one niemal jednoznacznie, jakim zasobem pracy, przy danej liczbie pracowników, dysponują menedżerowie. Jednak informacja o liczbie godzin do przepracowania niewiele wyjaśnia, jak funkcjonuje przedsiębiorstwo, jakich używa technologii i jaką notuje efektywność. To, że zużyto więcej czasu, nie znaczy, że wykonano więcej pracy (*Get more work done in less time*).

W warunkach technologicznych sprzed rewolucji przemysłowej i bezpośrednio po niej, kiedy metody produkcji zmieniały się bardzo powoli, znajomość czasu pracy pozwalała w sposób znaczący określić ilość wytwarzanych towarów. Dlatego ekonomiści tego okresu, Adam Smith, David Ricardo i Karol Marks, chętnie posługiwali się tym wskaźnikiem.

Szybkie zmiany technologiczne spowodowały, że w XX wieku korelacja między zużyciem czasu pracy i jej wydajnością stała się niemal we wszystkich sektorach gospodarki bardzo słaba. W teorii ekonomicznej pojęcie czasu pracy zanikło, zasada korzyści komparatywnych okazała się wyjątkiem. W jaki zatem sposób powinniśmy uwzględnić w naszym modelu i w układzie warunków ograniczających (6) dostępność czynników wytwórczych w ilościach skończonych? Nie musimy i raczej nie powinniśmy wprowadzać do tego modelu pracy, natomiast należy wziąć pod uwagę inne czynniki wytwórcze.

³² D. Ricardo, *op.cit.*, s. 10.

Pieniądz, jako środek wymiany, jest równoważnikiem wszystkich towarów. Dlatego w układzie (6) mogą pojawiać się ograniczenia finansowe. Obok nich jest miejsce na ograniczenia wyrażające maksymalną, dostępną ilość czynników wytwórczych wyrażoną w jednostkach fizycznych, opisujących szczególnie trudny dostęp do niektórych zasobów, czyli istnienie tak zwanych wąskich gardeł lub monopolu naturalnego.

Źródłem monopolu naturalnego bywa często kontrola zakupu surowców. Na współczesnych rynkach międzynarodowych przykładem ważnego czynnika wytwórczego o ograniczonym dostępie są metale ziem rzadkich.³³ Ich podaż jest faktycznie reglamentowana. Nacjonalizm surowcowy polega na ustanowieniu przez rząd kontroli obrotu zasobami naturalnymi, połączonej z realizacją celów czysto politycznych. Jednym z nieprostych zadań gospodarczych państwa jest zapewnienie krajowi bezpieczeństwa energetycznego, rozumianego jako bezpieczeństwo dostaw, bezpieczeństwo ekonomiczne (umiarkowane ceny) i bezpieczeństwo ekologiczne.³⁴ Ograniczeń w dostępie do czynników wytwórczych bywa wiele.

³³ Jest to grupa 17 pierwiastków chemicznych, którą tworzą lantanowce i pierwiastki występujące w minerałach zawierających lantanowce. Mają one duże znaczenie, są niezbędne do produkcji baterii jądrowych, laserów, wzmacniaczy optycznych, wysokoenergetycznych materiałów magnetycznych, telefonów komórkowych i innych zaawansowanych urządzeń. Największe ich zasoby znajdują się w Chinach, o których mówi się, że zmierzają do kontroli ich światowego handlu. Kraj ten wprowadził kwoty eksportowe, każdego roku obniżając ich poziom. Nie zostały one rozciągnięte na wywóz wyrobów gotowych zawierających metale ziem rzadkich. Jednocześnie miały miejsce stałe podwyżki cen surowców. Obecnie Chiny zaspokajają ponad 95 procent międzynarodowego popytu na te produkty. *Metale ziem rzadkich*, Infos, Biuro Analiz Sejmowych, 12 stycznia 2012.

³⁴ M. Wilczyński, *Zmierzch węgla kamiennego w Polsce*, Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 1913, s. 78-79.

Zasada korzyści komparatywnych a inne teorie handlu

Zasada sformułowana przez Davida Ricarda znalazła swe rozwinięcie w pierwszej połowie XX wieku w postaci teorii obfitości zasobów, inaczej twierdzenia Heckschera-Ohlina. Brzmi ono: „kraje eksportują towary, których produkcja wymaga relatywnie dużego zastosowania czynników wytwórczych, w jakie są dobrze wyposażone, importują zaś to, do powstania czego potrzeba stosunkowo dużo czynników na ich obszarze rzadkich”.³⁵ Wynik ten jest przedstawiany, podobnie jak teoria korzyści komparatywnych, w formie opisu gospodarki światowej z dwoma krajami i dwoma ustalonymi czynnikami wytwórczymi, kapitałem i pracą. Zgodnie z twierdzeniem Heckschera-Ohlina kraje, w których zasoby kapitału są obfite, produkują w większych ilościach towary wymagające intensywnego zastosowania kapitału. Z kolei kraje dysponujące dużymi zasobami pracy koncentrują się na produkcji wykorzystującej ją w szerokim zakresie. Niekiedy dokonuje się rozszerzenia tego wyniku, wskazując, że do wytwarzania określonych produktów potrzeba nie tylko odpowiednich zasobów, lecz także niezbędnej infrastruktury technicznej i społecznej.

Prawdziwość twierdzenia Heckschera-Ohlina wymaga spełnienia siedmiu założeń:

- w każdym kraju konsumpcję towarów wyznaczają identyczne preferencje nabywców,
- technologia wytwarzania jest w dowolnym kraju taka sama,
- funkcje produkcji wszystkich towarów charakteryzuje ten sam malejący zwrot z zastosowania pojedynczego czynnika,

³⁵ B. Ohlin, *Inter-regional and International Trade*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1933.

- towary różnią się między sobą pod względem zapotrzebowania na poszczególne czynniki, których intensywność wykorzystania nie zależy od aktualnych cen (wyklucza to pojawienie się odwrotności intensywności zużycia czynników),
- na rynkach towarów i czynników występuje konkurencja doskonała,
- nie ma ograniczeń dla handlu, ale migracja czynników nie jest możliwa,
- w rozpatrywanym układzie występują tylko dwa czynniki, których rozmiary pozostają ustalone,
- w rozpatrywanym układzie występują tylko dwa towary i dwa kraje.³⁶

Założenia twierdzenia Heckschera-Ohlina tworzą zatem długą listę i trudno je uznać za spełnione w praktyce. Na gruncie ekonomii stosowanej tezę tego twierdzenia przenosi się na dowolną sytuację występującą w gospodarce światowej.

Opisany wynik teoretyczny nie tłumaczy jednak powstawania korzyści komparatywnych w każdym przypadku. W 1953 roku Wassily Leontief wykazał, że w eksporcie amerykańskim nie ujawniała się oczekiwana przewaga komparatywna tego kraju. W wywozie było mniej towarów kapitałochłonnych niż w imporcie, przeciwnie do zapowiedzi wynikającej z teorii obfitości zasobów. Wyjaśnieniem tak zwanego paradoksu Leontiefa, który w miarę upływu czasu nie przestał charakteryzować gospodarki Stanów Zjednoczonych, wydaje się szerokie wykorzystanie w produkcji eksportowej, w której jest wiele towarów zaawansowanych technicznie, wysoko wykwalifikowanych pracowników. Dlatego nakłady kapitału fizycznego nie muszą być przy tworzeniu takich produktów duże.³⁷

³⁶ L.A. Winters, *op.cit.*, s. 31-32

³⁷ P. Krugman, R. Wells, *op.cit.*, s. 364.

Być może zmodyfikowane sformułowanie twierdzenia o obfitości zasobów rzuca dodatkowe światło na paradoks Leontiefa. Eksport towarów o ograniczonej kapitałochłonności (niskim jednostkowym wykorzystaniu kapitału) w sytuacji, gdy zasoby kapitału (bezwzględne) są duże, nie powinien dziwić, przeciwnie, wydaje się zrozumiały. Bez wątplenia paradoks Leontiefa wymaga dalszych badań.

Powróćmy do twierdzenia Heckschera-Ohlina. Cena czynnika wytwórczego, szeroko stosowanego w danym kraju, rośnie, inaczej niż cena czynnika wykorzystywanego w danym kraju w małych ilościach. Ten drugi czynnik jest natomiast zużywany intensywnie w drugim kraju i tam jego cena powiększa się. W ten sposób wyrównują się ceny czynników produkcji, co jest treścią twierdzenia Heckschera-Ohlina-Samuelsona (HOS). Kształtowanie się cen nie będzie przez nas dalej rozpatrywane, ale zastanowimy się nad teorią obfitości zasobów w perspektywie uogólnienia zasady korzyści komparatywnych.

Czy model programowania liniowego (5), (6), (7) oraz jego modyfikacje prowadzą do wniosków zgodnych z twierdzeniem Heckschera-Ohlina? Zasadniczo tak właśnie jest. Jeżeli czynnik produkcji j jest obfity w kraju k , czyli parametr b_{jk} osiąga poziom wysoki, będzie to podnosić w górę rozmiary produkcji x_{ik} . Powstaje jednak pytanie o poziom współczynników technologicznych a_{ijk} . Gdy są w danym kraju wysokie, wpłynię to hamująco na produkcję x_{ik} , gdy są niskie, produkcja będzie rosła łatwiej. Maksymalizacji produkcji służą zatem dwie okoliczności: obfite zasoby czynników i oszczędne ich wykorzystywanie.

Dlatego proponujemy nieco inne sformułowanie twierdzenia Heckschera-Ohlina: kraje eksportują towary, których produkcja wymaga relatywnie **oszczędnego** stosowania czynników, jakimi dysponują one w **dużych** ilościach, importują zaś to, do powstania czego zużywa się **intensywnie** czynniki wytwórcze dostępne w relatywnie **małych** ilościach. Wytluściliśmy pary słów „oszczędnego” i „dużych” oraz „intensywnie” i „małych”, spośród których nie wszystkie są obecne w pierwotnym

sformułowaniu twierdzenia Heckschera-Ohlina przytoczonym kilka akapitów wyżej.

Sięgnijmy po inne teorie handlu zagranicznego. Jagdish Bhagwati podkreślał, że o międzynarodowym podziale pracy rozstrzyga w dużym stopniu lokalna kultura sprzyjająca rozwojowi produkcji niektórych towarów i świadczeniu określonych usług.³⁸ Nie jest dziełem przypadku to, że rynki finansowe dobrze rozwinęły się w Stanach Zjednoczonych i w Wielkiej Brytanii, a produkcja standardowa, powtarzalna, na Dalekim Wschodzie. O wypracowaniu przez różne kraje i firmy odmiennych korzyści komparatywnych decydują różne, nabyte przez nie umiejętności. Na przykład, firma General Motors zyskała swą międzynarodową pozycję nie tyle dzięki wynalazkom Thomasa Edisona, który był z nią trwale związany, ile dzięki rozwojowi technik zarządzania.³⁹ Istnieje powszechna zgoda, że postęp w penetracji rynków zagranicznych wspomaga wysoki poziom instytucji życia gospodarczo-społecznego, istniejących w kraju-eksporterze.⁴⁰ Stwierdzenia te można odbierać jako alternatywę w stosunku do teorii korzyści komparatywnych, lecz również jako przyczynek do wyjaśnienia, co rozstrzyga o posiadaniu przez kraje i regiony takich korzyści.⁴¹

Przemiany w handlu w drugiej połowie XX wieku w niemałym stopniu zaprzeczyły wyjaśnieniom Heckschera, Ohlina i Bhagwatiego. Rozwinął się handel wewnątrzgałęziowy (inter-industry trade), polegający na równoczesnym eksportowaniu i importowaniu przez dany kraj bardzo podobnych do siebie towarów. Starsze teorie handlu nie były w stanie

³⁸ J. Bhagwati, *The Pure Theory of International Trade. A Survey*, „The Economic Journal”, 74, 1964.

³⁹ J. Kay, *The Truth about the Markets. Why Some Nations are Rich but Most Remain Poor*, Penguin, London 2004, s. 70-71.

⁴⁰ *Przemiany we współczesnej gospodarce światowej*, E. Oziewicz (red.), PWE, Warszawa 2006, s. 35-37.

⁴¹ J. Health, *Economics without Illusions. Debunking the Myths of Modern Capitalism*, Broadway Books, New York 2010, s. 111.

przekonująco tego wyjaśnić. Dlaczego w strukturze wywozu i przywozu wielu krajów występują samochody, odzież, artykuły sprzętu domowego i napoje, stanowiące różne marki towarów o podobnych cechach użytkowych?

W nowej teorii handlu (*new trade theory*) jako czynniki rozstrzygające o wymianie międzynarodowej zostały wskazane: preferencja różnorodności wśród konsumentów, dążenie do osiągnięcia korzyści skali oraz, w mniejszym stopniu, koszty transportu towarów. Dostawcy rywalizują między sobą, nadając towarom odmienne cechy użytkowe, dostosowane do potrzeb i oczekiwań różnych grup nabywców. Powiększanie rozmiarów produkcji, często wymagające penetracji rynków zagranicznych, prowadzi do spadku kosztu jednostkowego towaru. O postaci strumieni handlowych decydują dwie przeciwstawne sobie siły: korzyści skali, wzmacniane przez preferencje różnorodności konsumentów, oraz koszty transportu. Ponieważ te ostatnie wykazują tendencję spadkową, utrudniają wymianę towarową w coraz mniejszym stopniu. W tych warunkach korzyści skali sprzyjają koncentracji produkcji w niedużej liczbie miejsc na mapie świata.⁴²

Trzy wymienione czynniki przyczyniają się do rozdziału między kraje i regiony dostępnych zasobów czynników wytwórczych, wśród nich kapitału i pracy. Konsumentci, którzy są jednocześnie pracobiorcami, starają się osiedlać tam, gdzie zaludnienie jest już wysokie i można oczekiwać, dzięki pojawieniu się korzyści skali, wyższych płac realnych. Również o rozmieszczeniu kapitału decyduje przewaga korzyści skali nad kosztami transportu towarów, która prowadzi do większej gęstości zaludnienia, a nawet do powstawania ogromnych aglomeracji miejskich.

W tym miejscu pojawia się pojęcie efektu rynku krajowego (*home-market effect*). Obie okoliczności ważne dla handlu międzynarodowego,

⁴² P. Krugman, *Increasing Returns, Monopolistic Competition and International Trade*, „Journal of International Economics”, 1979.

korzyści skali i niskie koszty transportu, zachęcają producentów do lokalizacji zakładów wytwórczych blisko dużych rynków zbytu. Stworzenie w określonym miejscu znacznego potencjału produkcyjnego, a następnie konieczność jego szerszego wykorzystania, prowadzą do ekspansji na rynki zagraniczne.

Czy nowa teoria handlu pozostaje zgodna z zasadą korzyści komparatywnych w postaci uogólnionej? Częściowo tak. Lokalizacji produkcji w danym kraju służą niskie współczynniki technologiczne a_{ijk} , ale zjawisko to nie sposób jest utożsamiać z ekonomią skali. Użycie w warunkach ograniczających (6) funkcji liniowych z niskimi współczynnikami ułatwia minimalizację kosztów wytwarzania. Kiedy mówimy o ekonomii skali, niskie koszty pojawiają się dopiero po osiągnięciu wysokiego poziomu produkcji.

Dyskusja na temat zasady korzyści komparatywnych prowadzi do poszukiwania dróg rozwoju ekonomicznego, w szczególności do formułowania ocen wolnego handlu. Na ile wspiera on wzrost PKB i ogólny rozwój kraju? Istnieje w tej sprawie wiele stanowisk. Są powody uważać, że nieskrępowany handel międzynarodowy niekoniecznie sprzyja bardzo wysokiej dynamice PKB, jednak w długim okresie warunkuje on procesy rozwoju.⁴³ Opinię skrajną, negującą przydatność wolnego handlu dla rozwoju gospodarczego, przedstawił Ha-Joon Chang.⁴⁴

Międzynarodowy podział pracy pociąga za sobą zmiany w strukturze gospodarki wszystkich krajów, również na rynku pracy. Są one trwałe, mają następstwa społeczne i dlatego spotykają się z krytyką, która w pewnym stopniu osłabia przydatność zasady korzyści komparatywnych. Paul Samuelson zauważył nawet, że globalizacja nie przynosi automatycznie korzyści wszystkim, i jest to współczesny koszt zasady Ricarda

⁴³ L.J. Jasiński, *Konsensus waszyngtoński jako formuła rozwoju gospodarczego*, „Studia Ekonomiczne” 4, 2006.

⁴⁴ Ha-Joon Chang, *Bad Samaritans: The Myth of Free Trade and the Secret History of Capitalism*, Bloomsbury Press, New York 2008.

(„Everything that promotes globalization does not automatically benefit everyone. That is the reality of Ricardo's comparative cost advantage today”).⁴⁵

Nie są to stwierdzenia nowe. Zasada korzyści komparatywnych prowadzi do maksymalizacji poziomu wytwarzania w skali świata, co nie jest tożsame z maksymalizacją produkcji w każdym kraju i regionie. Nasza analiza zadania programowania liniowego w modelu uogólnionym wskazuje na groźbę koncentracji produkcji części towarów w niektórych krajach i całkowitego zaniku wytwarzania określonych towarów. Taki scenariusz wydarzeń nazwaliśmy przypadkiem R.

Poziom wymiany towarowej między dwoma krajami, która wpływa na strukturę produkcji, tłumaczy grawitacyjny model handlu (gravity model of trade), zupełnie inny niż rozumowanie ricardiańskie. Obroty handlowe opisuje równanie podobne do występującego w prawie powszechnego ciężenia w fizyce

$$(15) \quad T_{mn} = G \frac{M_m M_n}{D_{mn}^2},$$

gdzie T_{mn} jest wielkością obrotów handlowych, G stałą wymagającą oszacowania, M_m „masą ekonomiczną” kraju m (produkt krajowy brutto, liczba ludności), a D_{mn} odległością między krajem m a krajem n . Zależność (15) jest często przekształcana na model ekonometryczny.⁴⁶ Uogólniony miernik grawitacji ekonomicznej wyraża potencjalną siłę wzajemnego „przyciągania się” kilku podmiotów gospodarczych: państw lub regionów. Podobnie jak w modelu ekonometrycznym zachodzi potrzeba dokonania szacunków na podstawie danych statystycznych. Pewną odmianą modeli grawitacyjnych są indeksy integracji regionalnej

⁴⁵ P. Samuelson, *The Market Has No Heart*, wywiad dla „Der Spiegel” 38, 2005, >><http://www.indymedia.org.uk/en/regions/world/2005/10/325444.html><<.

⁴⁶ S. Brakman, H. Garretsen, C. van Marrewijk, A. van Witteloostuijn, *op.cit.*, s. 129.

(regional integration index), zbudowane jako połączenie subindeksów ilustrujących różne cechy analizowanych obszarów.⁴⁷

Model produkcji i handlu zagranicznego

Model korzyści komparatywnych ilustruje międzynarodowy podział pracy w obszarze wytwarzania towarów. Nie jest to model handlu zagranicznego, chociaż słusznie uważa się, że wyjaśnia, na czym polegają korzyści płynące z handlu (*gains from trade*) i dlaczego tendencje autarkiczne są rozwiązaniem szkodliwym. Pozwala on wskazać, kto i na czym powinien skoncentrować swą obecność w gospodarce światowej, czyli kto co powinien wytwarzać. Model ten nie przesądza, jakie są rozmiary potrzeb własnych poszczególnych krajów oraz jak wiele towarów są one w stanie eksportować.

Z tych powodów nie jest to model obrazujący bezpośrednio handel międzynarodowy, lecz model rozmieszczenia produkcji w skali międzynarodowej i budowy potencjału eksportowego. Tylko pośrednio wynikają z niego kierunki geograficzne wymiany towarowej, poziom cen w gospodarce światowej i terms of trade w obrocie poszczególnych krajów. Milczącym uproszczonym założeniem modelu jest nieograniczoność popytu wewnętrznego i importowego.

Jest jednak rzeczą realną dokonanie uzupełnienia matematycznego obrazu produkcji międzynarodowej o obraz handlu zagranicznego. Model (5)-(7) powiększymy o bezpośrednią wymianę międzynarodową. Niech d_{ik} oznacza rozmiary popytu na towar i w kraju k , a y_{imn} wielkość strumienia towaru i przepływającego z kraju m do kraju n , $i=1, \dots, I$; $m, n=1, \dots, K$.

⁴⁷ Heungchong Kim, Minhee Kim, Jehoon Park et al, *An Exploration of an Integration Index and its Application for Asian Regional Community*, Korea Institute for International Economic Policy, Seoul 2009.

Zjawisko przemieszczania się towarów od wytwórców do nabywców ilustrują dwie grupy równań (16) i (17)

$$(16) \quad \sum_{n=1}^K y_{imn} = x_{im}, \quad i = 1, \dots, I; m = 1, \dots, K,$$

$$(17) \quad \sum_{m=1}^K y_{imn} = d_{in}, \quad i = 1, \dots, I; n = 1, \dots, K.$$

Zależność (16) ilustruje rozdysponowanie towaru i powstałego w kraju m , dokonuje się to drogą eksportu oraz pozostawienia części towaru w kraju jego wytworzenia. Z kolei zależność (17) przedstawia napływ do kraju n towaru i powstałego w różnych punktach globu, także na terytorium danego kraju.

Równości (16) i (17) trzeba połączyć z wyjściowym modelem międzynarodowego podziału pracy, czyli z zadaniem programowania liniowego w każdej z trzech jego wersji P, Q i R. Otrzymujemy wtedy odpowiednio rozbudowane zadanie P (5), (6), (7), (16) i (17), kiedy przewidujemy rozdzielanie wszystkich czynników wytwórczych pomiędzy poszczególne kraje, następnie powiększone zadanie Q (5), (7), (8), (9), (16) i (17), gdy niektóre czynniki zostały rozdzielone, a dostęp do innych zasobów czynników ma charakter powszechny, oraz na koniec uzupełnione zadanie R (5), (7), (9), (16) i (17) z nieograniczonym dostępem do wszystkich czynników. W tych trzech zadaniach wielkości d_{in} są z góry ustalone, natomiast wielkości należy traktować jako dodatkowe zmienne decyzyjne. Zmienne x_{ik} dotyczą planu produkcji poszczególnych towarów w kolejnych krajach, zmienne y_{imn} obrazują strumienie handlowe towarów przepływających z kraju do kraju.

Dyskutując wersję R modelu podziału pracy (5), (7), (9), w którym nie występują zasoby czynników wytwórczych w wyłącznej dyspozycji poszczególnych krajów, stwierdziliśmy, że oznacza ona możliwość produkcji towarów jedynie przez niektóre podmioty gospodarki światowej. Uzupełnienie tej wersji modelu o handel międzynarodowy (5), (7), (9), (16) i (17)

rodzi pytanie o zdolność finansowania zakupów zagranicznych przez kraje niczego nie produkujące i nie eksportujące. Na dłuższą metę jest to sytuacja nie do utrzymania, do modelu trzeba więc wprowadzić dodatkowe przekształcenia. Jednak każdy proces modelowania zjawisk należy w pewnym momencie przerwać, my czynimy to w tym miejscu. Zabezpieczeniem przed pojawieniem się takiej niedogodności jest pozostawienie choćby nie dużej puli czynników wytwórczych w wyłącznej dyspozycji każdego kraju świata, czyli wybór przypadku Q. Proces globalizacji gospodarki światowej nie powinien takiej możliwości przekreślać i chyba jej nie przekreśla.

Przykłady zastosowania uogólnionej zasady korzyści komparatywnych

Rozpocznijmy od omówienia danych potrzebnych do budowy kilku zadań przykładowych programowania liniowego ilustrujących nasze rozważania. Układ warunków ograniczających (8) i (9) zapisujemy w formie zwartej następująco:

$$Ax \leq b,$$

gdzie A jest macierzą współczynników technologicznych a_{ijk} , x wektorem zmiennych decyzyjnych (planów produkcji) x_{ik} , a b wektorem zasobów czynników wytwórczych b_{jk} . Nasz model ma wymiary I na J na K , przy czym w przypadku Q zbiór zasobów czynników składa się z dwóch części. Łącznie warunków ograniczających mamy $J \times K + (J - J)$, gdzie J oznacza liczbę czynników wytwórczych rozdzielonych między wszystkie kraje. Zmiennych decyzyjnych jest $I \times K$.

Funkcję celu (5) zapiszemy krótko:

$$ux \rightarrow \max$$

gdzie u jest wektorem jedynekowym.

Opiszemy postać macierzy współczynników A , której elementy są potrójnie indeksowane. Kolejne wiersze są związane z czynnikami wytwórczymi, kolejne grupy kolumn z krajami, a wewnątrz grup kolumn wyróżniamy poszczególne towary. Zasoby czynników wytwórczych oznaczamy symbolami C_1, C_2 i tak dalej, kraje symbolami K_1, K_2 itd., a towary symbolami T_1, T_2 itd. Mamy zatem macierz A w postaci:

	K_1				K_2				K_3			
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_1	T_2	T_3	T_4	T_1	T_2	T_3	T_4
C_1												
C_2												
C_3												
C_4												

Schematy wektorów x i b , po transpozycji, przyjmują postać:

K_1				K_2				K_3			
T_1	T_2	T_3	T_4	T_1	T_2	T_3	T_4	T_1	T_2	T_3	T_4

C_1	C_2	C_3	C_4
-------	-------	-------	-------

Prezentację przykładów liczbowych zaczniemy od ilustracji modelu (5), (7), (8), (9), czyli od sytuacji nazwanej przez nas Q . Zakłada się w tym przypadku, że niektóre czynniki wytwórcze zostały rozdzielone pomiędzy kraje, pozostała ich część pozostaje dostępna dla wszystkich podmiotów rynku światowego. Pozostałe dwie sytuacje P i R , z rozdzielaniem wszystkich czynników pomiędzy kraje i z powszechnym dostępem do nich wszystkich, dają się zobrazować drogą modyfikacji przykładu początkowego.

Przykład liczbowy II. Rozważamy przypadek Q. Występują cztery towary $I=4$, dwa czynniki wytwórcze $J=2$ i trzy kraje $K=3$. Mamy zatem

$$(18) \quad I=4, J=2, J'=1, K=3,$$

czyli jeden czynnik wytwórczy tworzy zasób dostępny dla wszystkich potencjalnych producentów.

Tablica 9 zawiera współczynniki technologiczne opisujące wykorzystanie czynnika 1 do wytwarzania poszczególnych towarów w różnych krajach. Do powstania jednostki towaru 1 w kraju 1 potrzeba 8 jednostek tego czynnika, w kraju 2 potrzeba 10 jednostek, a w kraju 3 potrzeba 12 jednostek. Czynnik 1 został podzielony między kraje, o tym, w jaki sposób, informuje ostatni wiersz tablicy 5. Tablica 10 zawiera współczynniki wykorzystania czynnika 2 do wytwarzania poszczególnych towarów w różnych krajach. Istnieje jego łączny zasób, ogólnie dostępny. Współczynniki wybraliśmy tak, by można było powiedzieć, że generalnie kraj 1 jest najbardziej efektywny, kraj 2 mniej efektywny, a kraj 3 najmniej efektywny.

Tablica 9. Współczynniki technologiczne dla czynnika rozdzielonego między kraje

Czynnik wytwórczy 1	Kraj 1	Kraj 2	Kraj 3
Towar 1	8	10	12
Towar 2	4	5	7
Towar 3	5	7	8
Towar 4	2	4	5
Zasób w danym kraju	800	700	600

Tablica 10. Współczynniki technologiczne dla czynnika dostępnego powszechnie

Czynnik wytwórczy 2	Kraj 1	Kraj 2	Kraj 3	Świat
Towar 1	2	3	5	-
Towar 2	3	4	6	-
Towar 3	1	2	7	-
Towar 4	2	3	6	-
Zasób w skali świata	0	0	0	1000

W konsekwencji macierz współczynników technologicznych b_{jk} i wektor zasobów a_{ijk} po transpozycji przyjmują postać:

8	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	10	5	7	4	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	12	7	8	5
2	3	1	2	3	4	2	3	5	6	7	6

800	700	600	1000
-----	-----	-----	------

Funkcję celu tworzy wektor jedynek.

Potrzebne nam zadanie programowania liniowego jest następujące: zmaksymalizować funkcję

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43}$$

przy warunkach ograniczających

$$8x_{11} + 4x_{21} + 5x_{31} + 2x_{41} = 800$$

$$10x_{12} + 5x_{22} + 7x_{32} + 4x_{42} = 700$$

$$12x_{13} + 7x_{23} + 8x_{33} + 5x_{43} = 600$$

$$2x_{11} + 3x_{21} + x_{31} + 2x_{41} + 3x_{12} + 4x_{22} + 2x_{32} + 3x_{42} + 5x_{13} + 6x_{23} + 7x_{33} + 6x_{43} = 1000$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ dla } i=1, \dots, 4; k=1, \dots, 3.$$

Wprowadzamy warunki ograniczające ze znakiem równości zamiast znaku nierówności, jakiego użyliśmy wcześniej w (6).

Rozwiązaniem optymalnym zadania programowania liniowego jest zestaw wartości zmiennych decyzyjnych, w którym wielkości różne od zera tworzą

$$x_{31} = 62,5; \quad x_{41} = 243,75; \quad x_{32} = 100; \quad x_{13} = 50.$$

Pozostałe zmienne są równe zero. Maksymalna wartość funkcji celu wynosi 456,25.⁴⁸

Na podstawie wyznaczonego rozwiązania optymalnego powiemy, że kraj 1 będzie produkować towary 3 i 4, kraj 2 będzie wytwarzać towar 3, a kraj 3 towar 1. Tak właśnie przedstawiają się przewagi komparatywne tych krajów. Mówiąc inaczej, towar 1 ma powstawać w kraju 3, towar 3 w krajach 1 i 2 oraz towar 4 w kraju 1. W imię maksymalizacji produkcji światowej towar 2 nie będzie powstawał nigdzie. Otrzymane wyniki zapisujemy w tablicy 11.

Tablica 11. Przewagi komparatywne poszczególnych krajów

Kraje	Przewagi komparatywne
Kraj 1	Towar 3 i towar 4
Kraj 2	Towar 3
Kraj 3	Towar 1

A jakie są przewagi absolutne poszczególnych krajów zgodnie z (13)? W tym celu musimy zsumować odpowiednie współczynniki technologiczne, co robimy w tablicy 12.

⁴⁸ Za pomoc w obliczeniach autor dziękuje dr. inż. Krzysztofowi Adamcowi.

Tablica 12. Przewagi absolutne poszczególnych krajów

Kraje / Towary	Towar 1	Towar 2	Towar 3	Towar 4	Przewagi absolutne
Kraj 1	8+2	4+3	5+1	2+2	Towary 1,2,3,4
Kraj 2	10+3	5+4	7+2	4+3	Brak
Kraj 3	12+5	7+6	8+7	5+6	Brak

Jak widzimy, przewagi absolutne i komparatywne nie pokrywają się.

Przykład liczbowy III. Będzie to przykład większych rozmiarów niż poprzedni. Występują cztery towary, $I=4$, oraz cztery kraje, $K=4$. Mamy do czynienia z czterema zasobami czynników zlokalizowanych w każdym z czterech krajów oraz trzema zasobami czynników dostępnymi dla wszystkich. Oznacza to, że w zadaniu programowania liniowego pojawi się 16 zmiennych decyzyjnych i 7 warunków ograniczających. Inaczej niż w zadaniu poprzednim w ograniczeniach występują, zamiast równań, nierówności słabe. Ponownie rozpatrujemy przypadek Q_1 .

Zadanie programowania liniowego przyjmuje postać: zmaksymalizować funkcję

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44}$$

przy warunkach ograniczających

$$6x_{11} + 7x_{21} + x_{31} + 3x_{41} \leq 600$$

$$8x_{12} + 4x_{22} + 2x_{32} + 4x_{42} \leq 600$$

$$9x_{13} + 5x_{23} + x_{33} + 6x_{43} \leq 600$$

$$8x_{14} + 7x_{24} + 3x_{34} + 6x_{44} \leq 600$$

$$7x_{11} + 6x_{21} + 2x_{31} + 3x_{41} + 8x_{12} + 6x_{22} + 5x_{32} + x_{42} + 2x_{13} + 3x_{23} + 9x_{33} + 7x_{43} + 6x_{14} + 10x_{24} + 2x_{34} + 8x_{44} \leq 5000$$

$$5x_{11} + 6x_{21} + x_{31} + 4x_{41} + 9x_{12} + 7x_{22} + 4x_{32} + 2x_{42} + 3x_{13} + 4x_{23} + 8x_{33} + 7x_{43} + 7x_{14} + 9x_{24} + 3x_{34} + 7x_{44} \leq 5000$$

$$6x_{11} + 5x_{21} + x_{31} + 3x_{41} + 8x_{12} + 6x_{22} + 3x_{32} + x_{42} + 4x_{13} + 3x_{23} + 9x_{33} + 6x_{43} + 8x_{14} + 8x_{24} + 2x_{34} + 6x_{44} \leq 5000$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ dla } i=1, \dots, 4; k=1, \dots, 4.$$

Podajemy wartość zmiennych decyzyjnych, które w rozwiązaniu optymalnym przyjmują wartość dodatnią

$$x_{31} = 600, x_{32} = 300, x_{23} = 80,159, x_{33} = 199,206, x_{34} = 133,333.$$

Oznacza to, że rozmieszczenie wytwarzania towarów najlepsze z punktu widzenia maksymalizacji produkcji światowej polega na tym, że kraj 1 skoncentruje się na powstawaniu towaru 3, kraj 2 na towarze 3, kraj 3 ograniczy się do towarów 2 i 3 i na koniec kraj 4 do towaru 3. Zestaw przewag komparatywnych został zapisany w tablicy 13.

Tablica 13. Przewagi komparatywne poszczególnych krajów

Kraje	Przewagi komparatywne
Kraj 1	Towar 3
Kraj 2	Towar 3
Kraj 3	Towar 2 i Towar 3
Kraj 4	Towar 3

W tablicy 14 zostały opisane przewagi absolutne poszczególnych krajów.

Tablica 14. Przewagi absolutne poszczególnych krajów

Kraje/Towary	Towar 1	Towar 2	Towar 3	Towar 4	Przewagi absolutne
Kraj 1	6+7+5+6	8+8+9+8	9+2+3+4	8+6+7+8	Brak
Kraj 2	7+6+6+5	4+6+7+6	5+3+4+3	7+10+9+8	Towar 3
Kraj 3	1+2+1+1	2+5+4+3	1+9+8+9	3+9+8+9	Towar 1
Kraj 4	3+3+4+3	4+1+2+1	6+7+7+6	5+7+7+6	Towary 2 i 4

Podobnie jak w poprzednim przykładzie przewagi absolutne i komparatywne wyraźnie się nie pokrywają.

Przykład liczbowy IV. Ilustruje on przypadek R, czyli model (5), (7), (9), (16) i (17) z powszechnym dostępem do wszystkich czynników wytwórczych.

Mamy do czynienia z trzema towarami $I=3$, dwoma czynnikami $J=2$ oraz trzema krajami $K=3$. Zadanie programowania liniowego będzie się składać z 2 warunków ograniczających i 9 zmiennych decyzyjnych. W tabelicy 15 znajdują się współczynniki technologiczne opisujące wykorzystanie czynników 1 i 2, potrzebnych do wytwarzania poszczególnych towarów w różnych krajach. Podana również została wielkość zasobów obu czynników w skali świata.

Tablica 15. Współczynniki zużycia i zasoby czynników wytwórczych

	Czynnik 1			Czynnik 2		
	Kraj 1	Kraj 2	Kraj 3	Kraj 1	Kraj 2	Kraj 3
Towar 1	8	10	12	1	2	4
Towar 2	4	5	7	3	3	8
Towar 3	1	7	8	5	2	4
Zasoby czynników w skali świata	800			700		

Odpowiednie zadanie programowania liniowego przyjmuje postać: zmaksymalizować funkcję

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{13} + x_{23} + x_{33}$$

przy warunkach

$$8x_{11} + 4x_{21} + x_{31} + 10x_{12} + 5x_{22} + 7x_{32} + 12x_{13} + 7x_{23} + 8x_{33} \leq 800$$

$$x_{11} + 3x_{21} + 5x_{31} + 2x_{12} + 3x_{22} + 2x_{32} + 4x_{13} + 8x_{23} + 4x_{33} \leq 700$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ dla } i=1, \dots, 3; k=1, \dots, 3.$$

Rozwiązanie optymalne tworzy 9 liczb. Dwie zmienne decyzyjne przyjmują wartość dodatnią

$$x_{11} = 700, \quad x_{13} = 800,$$

pozostałe są równe zero. Oznacza to, że największa zagregowana produkcja globalna zostanie osiągnięta, kiedy towary będzie produkować jedynie kraj 1. Na plan wytwarzania w tym kraju złożą się dwa towary 1 (700 jednostek) i 3 (800 jednostek). Kraje 2 i 3 nie powinny wytwarzać niczego, rezygnując z korzystania z ogólnie dostępnej puli zasobów czynników wytwórczych. Także towar 2 ma zniknąć z hal produkcyjnych, magazynów i sklepów.

Przykład liczbowy V. Będzie to obraz modelu (5), (6), (7) w przypadku P. Powstał po przyjęciu założenia o rozdzieleniu wszystkich czynników wytwórczych pomiędzy poszczególne kraje.

Uwzględniamy trzy towary $I=3$, dwa czynniki $J=2$ i trzy kraje $K=3$. Zadanie programowania liniowego składa się z 6 warunków ograniczających i 9 zmiennych decyzyjnych. W tabelicy 16 znajdują się współczynniki technologiczne opisujące wykorzystanie czynników 1 i 2 do wytwarzania poszczególnych towarów w trzech krajach. Podana również została wielkość dostępnych lokalnie zasobów obu czynników.

Tablica 16. Współczynniki zużycia i zasoby czynników wytwórczych

	Czynnik 1			Czynnik 2		
	Kraj 1	Kraj 2	Kraj 3	Kraj 1	Kraj 2	Kraj 3
Towar 1	3	2	3	8	5	4
Towar 2	4	2	5	10	5	8
Towar 3	5	5	10	15	10	10
Zasoby czynników	300	400	200	400	500	600

Jak już napisaliśmy, zadanie (5), (6), (7) można zdekomponować na K zadań o mniejszych rozmiarach (10), (11), (12). Dane wyjściowe powstałych tak trzech odrębnych zadań znajdują się w tablicach 17, 18 i 19.

Tablica 17. Współczynniki zużycia i zasoby czynników wytwórczych – kraj 1

	Czynnik 1	Czynnik 2
Towar 1	3	8
Towar 2	2	5
Towar 3	3	4
Zasoby czynników	300	400

Tablica 18. Współczynniki zużycia i zasoby czynników wytwórczych – kraj 2

	Czynnik 1	Czynnik 2
Towar 1	4	10
Towar 2	2	5
Towar 3	5	8
Zasoby czynników	200	400

Tablica 19. Współczynniki zużycia i zasoby czynników wytwórczych – kraj 3

	Czynnik 1	Czynnik 2
Towar 1	5	15
Towar 2	5	10
Towar 3	10	10
Zasoby czynników	500	600

Wyjściowy model matematyczny ma postać: poszukujemy maksimum funkcji

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{13} + x_{23} + x_{33}$$

przy warunkach ograniczających

$$3x_{11} + 4x_{21} + 5x_{31} \leq 300$$

$$2x_{12} + 2x_{22} + 5x_{32} \leq 400$$

$$3x_{13} + 5x_{23} + 10x_{33} \leq 200$$

$$8x_{11} + 10x_{21} + 15x_{31} \leq 400$$

$$5x_{12} + 5x_{22} + 10x_{32} \leq 500$$

$$4x_{13} + 8x_{23} + 10x_{33} \leq 600$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ dla } i=1, \dots, 3; k=1, \dots, 3.$$

To duże zadanie da się zastąpić przez trzy zadania mniejszych rozmiarów; mają one postać kolejno:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} \rightarrow \max$$

$$3x_{11} + 4x_{21} + 5x_{31} \leq 300$$

$$8x_{11} + 10x_{21} + 15x_{31} \leq 400$$

$$x_{i1} \geq 0, \text{ dla } i=1, \dots, 3.$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} \rightarrow \max$$

$$2x_{12} + 2x_{22} + 5x_{32} \leq 400$$

$$5x_{12} + 5x_{22} + 10x_{32} \leq 500$$

$$x_{i2} \geq 0, \text{ dla } i=1, \dots, 3.$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} \rightarrow \max$$

$$3x_{13} + 5x_{23} + 10x_{33} \leq 200$$

$$4x_{13} + 8x_{23} + 10x_{33} \leq 600$$

$$x_{i3} \geq 0, \text{ dla } i=1, \dots, 3.$$

Rozwiązanie optymalne przedstawia się następująco: składa się ono z 9 liczb, przy czym 5 z nich przyjmuje wartości nieujemne

$$x_{13} = 100, x_{22} = \frac{400}{9} \approx 44,4,$$

$$x_{23} = \frac{200}{9} \approx 22,2, x_{32} = 20, x_{33} = 40.$$

Oznacza to, że kraj 1 produkuje tylko towar 3, kraj 2 towary 2 i 3, a kraj 3 towar 2 i 3. Towary pojawią się w gospodarce światowej w ilościach odpowiednio 100, 64,4 i 62,2.

Jak zatem przedstawiają się korzyści komparatywne? W przypadku P, jak wiemy, każdy kraj coś wytwarza, o czym przekonuje tablica 20.

Tablica 20. Przewagi komparatywne poszczególnych krajów

Kraje	Przewagi komparatywne
Kraj 1	Towar 3
Kraj 2	Towary 2 i 3
Kraj 3	Towary 2 i 3

Tablica 21. pozwala poznać korzyści absolutne.

Tablica 21. Przewagi absolutne poszczególnych krajów

Kraje / Towary	Towar 1	Towar 2	Towar 3	Przewagi absolutne
Kraj 1	3+8	2+5	3+4	Towary 1, 2 i 3
Kraj 2	4+10	2+5	5+8	Towar 2
Kraj 3	5+15	5+10	10+10	Brak

Korzyści absolutne w produkcji towaru 2 notują dwa kraje, oznaczone numerami 1 i 2. Kraj 3 nie posiada korzyści absolutnych w wytwarzaniu żadnego towaru, chociaż notuje korzyści komparatywne w produkcji towarów 2 i 3.

Przykład liczbowy VI. Powrócimy do przykładu I z początku tekstu, przedstawimy go teraz jako zadanie programowania liniowego. Będzie to przypadek P i model (5), (6), (7).

Występują dwa towary $I=2$, jeden czynnik wytwórczy $J=1$ oraz dwa kraje $K=2$. Koszule są teraz towarem 1, komputery towarem 2, kraj A identyfikujemy jako kraj 1, kraj B jako kraj 2. Zasób jedyne go czynnika

wytwórczego w postaci pracy został podzielony pomiędzy oba kraje. Zadanie programowania liniowego składa się z 2 warunków ograniczających i z 4 zmiennych decyzyjnych. To proste zadanie można zastąpić dwoma mniejszymi zadaniami z jednym warunkiem ograniczającym i 2 zmiennymi decyzyjnymi. Niezbędny materiał liczbowy zawiera tablica 22. Współczynniki technologiczne, opisujące zużycie czynnika na jednostkę towaru, są odwrotnościami zapisanych w tablicy 2. mierników wyrażających wydajność pracy.

Tablica 22. Współczynniki zużycia i zasoby czynnika wytwórczego

	Kraj A (kraj 1)		Kraj B (kraj 2)	
	Koszule	Komputery	Koszule	Komputery
Współczynniki	1 / 6	1 / 4	1	1 / 2
Zasób pracy	4		12	

Problem optymalizacyjny jest następujący:

$$x_{11} + x_{21} + x_{12} + x_{22} \rightarrow \max$$

$$\frac{1}{6} x_{11} + \frac{1}{4} x_{21} \leq 4$$

$$x_{12} + \frac{1}{2} x_{22} \leq 12$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ dla } i=1, \dots, 2; k=1, \dots, 2.$$

W rozwiązaniu optymalnym dwie zmienne są dodatnie, pozostałe przyjmują wartość zero

$$x_{11} = 24, \quad x_{22} = 24,$$

Towar 1 (koszule) produkuje kraj 1 (kraj A) w ilości 24, towar 2 (komputery) kraj 2 (kraj B) również w ilości 24. Ten sam wynik otrzymaliśmy na początku tego opracowania i pojawił się on w tablicy 3.

Przykład liczbowy VII. Jeszcze raz przeanalizujemy przykład I. Inaczej niż w przykładzie V założymy, że cały zasób czasu pracy został zsumowany i stał się dostępny dla obu krajów. Nadal występują dwa towary $I=2$, jeden czynnik wytwórczy $J=1$ oraz dwa kraje $K=2$. Zadanie programowania liniowego składa się z 4 zmiennych decyzyjnych oraz z jednego warunku ograniczającego, a nie jak poprzednio z dwóch warunków. Wyjściowy materiał liczbowy zawiera tabela 23.

Tablica 23. Współczynniki zużycia i zasoby czynnika wytwórczego

	Kraj A (kraj 1)	Kraj B (kraj 2)
Koszule (towar 1)	1 / 6	1
Komputery (towar 2)	1 / 4	1 / 2
Zasoby czynnika w skali świata	16	

Zadanie programowania liniowego jest następujące:

$$x_{11} + x_{21} + x_{12} + x_{22} \rightarrow \max$$

$$\frac{1}{6} x_{11} + \frac{1}{4} x_{21} + x_{12} + \frac{1}{2} x_{22} \leq 16$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ dla } i=1, \dots, 2; k=1, \dots, 2.$$

W rozwiązaniu optymalnym jedna zmienna jest dodatnia, pozostałe są równe zero

$$x_{11} = 96$$

W zmienionych warunkach trzeba się ograniczyć do produkcji towaru 1 (koszule) w kraju 1 (kraju A) w ilości 96. Niczego więcej nie należy czynić, tak pozornie okrojony program produkcyjny wystarcza do maksymalizacji produkcji światowej.

Ujawnione korzyści komparatywne

W ekonomii międzynarodowej występuje pojęcie pokrewne w stosunku do pojęć omawianych w tej pracy „ujawnione korzyści komparatywne” (*revealed comparative advantage*, RCA).⁴⁹ Czy nasze ustalenia rodzą konsekwencje teoretyczne lub praktyczne dla analiz prowadzonych przy użyciu tego pojęcia?

Ujawnione korzyści komparatywne są miarą służącą do oceny międzynarodowej pozycji danego kraju w globalnym handlu wybranym towarem. Mówiąc dokładniej miernik w postaci ujawnionych korzyści komparatywnych (miernik RCA) wyraża, na ile intensywnie dany kraj prowadzi handel wybranym towarem na tle tego, jak przeciętnie biorąc, dany towar jest ważny w całym handlu światowym.

Za B. Balassą miernik RCA definiuje się następująco:

$$RCA = \frac{E_{ki}}{E_{kK}} : \frac{E_{li}}{E_{lK}}$$

gdzie symbol E w każdym z czterech wyrażen oznacza eksport, natomiast subskrypty k , i , K , I opisują rodzaj eksportu i oznaczają odpowiednio dany kraj, wybrany towar, ogół towarów stanowiących punkt odniesienia w analizie oraz ogół krajów tworzących punkt odniesienia. Zgodnie z wprowadzonymi wcześniej oznaczeniami subskrypt K jest liczebnością zbioru krajów $\{I, \dots, K\}$, a I liczebnością zbioru towarów $\{I, \dots, I\}$.

Jeżeli zachodzi nierówność

$$RCA > 1,$$

⁴⁹ B. Balassa, *Trade Liberalisation and the Revealed Comparative Advantage*, „The Manchester School”, 33, 1965.

powiemy, że w przypadku towaru i w kraju k ujawniły się korzyści komparatywne (pojawiły się ujawnione korzyści komparatywne).

Podstawą do wyznaczenia miernika RCA są dane statystyczne o światowych transakcjach handlowych. Jest to typowy miernik statystyczny, ujawnione korzyści komparatywne (wyrażenie z dodatkowym przymiotnikiem) służą do empirycznych badań ekonomicznych. Natomiast korzyści komparatywne (wyrażenie bez dodatkowego przymiotnika) są pojęciem z zakresu teorii ekonomicznej.

Zmiana sposobu definiowania korzyści komparatywnych drogą wykorzystania do tego celu programowania liniowego nie ma znaczenia dla sposobu rozumienia i wyznaczania ujawnionych korzyści komparatywnych.

Zasada korzyści komparatywnych w świetle oczekiwań etycznych i intuicji

Ekonomia międzynarodowa przedstawia zasadę korzyści komparatywnych jako właściwy sposób regulacji międzynarodowego podziału pracy i handlu światowego.⁵⁰ D. Salvatore wymienia jeden wyjątek, kiedy prawo korzyści komparatywnych przestaje obowiązywać; przewagi jednego kraju nad drugim krajem są dokładnie takie same w przypadku obu towarów.⁵¹ Wyżej uznaliśmy, że jest to bardziej ogólna zasada rządząca globalnym podziałem pracy i tworzeniem potencjału eksportowego krajów niż wyjaśnienie, w jaki sposób została ukształtowana aktualna,

⁵⁰ Teoria korzyści komparatywnych ma wydźwięk optymistyczny, inaczej niż generalnie myśl ekonomiczna Ricarda patrzącego pesymistycznie na perspektywy rozwoju dużych grup społecznych. R.L. Heilbroner, *Wielcy ekonomiści. Czasy, życie, idee*, PWE, Warszawa 1993, s. 72.

⁵¹ D. Salvatore, *International Economics*, Wiley, New York 2007, s. 40.

odbierana dobrze lub źle, struktura geograficzna transgranicznego przepływu towarów. Jak oceniać tę zasadę w perspektywie etycznej?

W dyskusjach o funkcjonowaniu gospodarki światowej pojawia się pojęcie „handel sprawiedliwy”. Jego odpowiednikiem w języku angielskim jest *fair trade*, czyli „handel uczciwy”, „zgodny z zasadami”, przeciwstawiany wymianie towarowej prowadzonej bez respektowania norm etycznych.⁵² Czy handel sprawiedliwy jest zgodny z handlem zbudowanym na zasadzie korzyści komparatywnych?

Znalezienie odpowiedzi na zadane pytanie utrudnia przede wszystkim to, że treść pojęcia „handel sprawiedliwy” nie jest do końca sprecyzowana. Ma to być wymiana międzynarodowa prowadzona niemal za każdym razem w sposób korzystny dla obu stron zawieranych transakcji, to znaczy umożliwiający im uzyskanie godziwych dochodów, utrzymanie trwałej pozycji na rynku globalnym oraz zachowanie standardów społecznych i ekologicznych. Są to postulaty, które można różnie rozumieć i których jednoczesna realizacja częściowo się wyklucza.

Pojawiają się, w szczególności, trzy opinie podające w wątpliwość pozytywne następstwa wolnego handlu zbudowanego na zasadzie korzyści komparatywnych. Twierdzi się, że taki handel jest opłacalny jedynie dla krajów o silnej konkurencyjności międzynarodowej, że taki rodzaj handlu prowadzony z krajami o niskich płacach szkodzi pracownikom z krajów o płacach dużo wyższych oraz że taki handel prowadzi do wyczerpania krajów o niskich płacach.⁵³ Poglądy te krążą równolegle do siebie, chociaż nie są ze sobą zgodne. Szersza dyskusja na temat trafności tych trzech stanowisk, z jakimi wolno zgodzić się co najwyżej częściowo, wykracza poza ramy tej pracy. Przedstawimy w tej sprawie jedynie kilka uwag.

Wiele współczesnych działań na rzecz *fair trade* jest pogłosem sformułowanego na początku lat siedemdziesiątych XX wieku programu Nowy

⁵² L.J. Jasiński, *Ekonomia i etyka*, WAM, Kraków 2012, s. 25-29.

⁵³ P.R. Krugman, M. Obstfeld, *op.cit.*, s. 23-24.

Międzynarodowy Ład Ekonomiczny.⁵⁴ Zakładał on poprawę na rzecz biedniejszego Południa globalnych *terms of trade* (relacji między cenami płaconymi w eksporcie i imporcie), zwiększenie pomocy ekonomicznej oraz łatwiejszy dostęp do rynków krajów bogatszej Północy. Kraje rozwijające się próbowały tworzyć stowarzyszenia prowadzące obrót towarami surowcowymi i rolnymi na wzór Organizacji Krajów Eksportujących Ropę Naftową (OPEC). Program ten nie mieścił się w formule wolnego handlu.

Zarzut nierespektowania zasad handlu uczciwego pojawia się także na początku XXI wieku, zwłaszcza w krajach wysoko rozwiniętych. Istotną tego przyczyną są duże różnice w kosztach produkcji w różnych miejscach na świecie. Jako sytuację pożądaną, kiedy warunki konkurencyjności są właściwe, przedstawia się zbieżność kosztów pracy. Dopiero w takim wyidealizowanym przypadku powstałyby warunki do zbieżności cen w poszczególnych krajach, ale to przekreśliłoby sensowność prowadzenia handlu międzynarodowego. Dlatego konwergencja kosztów wytwarzania, praktycznie rzecz biorąc, jest nierealna i nie powinna być przedstawiana jako korzystna pod względem teoretycznym.⁵⁵

Czy brak handlu sprawiedliwego oznacza wyzysk? Sprawiedliwość i wyzysk nie są pojęciami ekonomicznymi, lecz etycznymi. Pierwsze polega na zachowaniu odpowiedniości świadczeń pomiędzy pojedynczymi osobami lub na zadowalającym podziale wytwarzanych dóbr i związanych z tym obciążeń; jest to tak zwana sprawiedliwość zamienna. Wyzysk pojawia się, kiedy jeden podmiot traktuje inny podmiot w sposób krzywdzący lub niesprawiedliwy. Celem takiego zachowania jest zamiar powiększenia korzyści własnych bez uwzględnienia sytuacji drugiej strony.⁵⁶

⁵⁴ *New International Economic Order: The North-South Debate*, J. Bhagwati (red.), MIT Press, Cambridge, Mass. 1977.

⁵⁵ *Economics. Making Sense of the Modern Economy*, The Economist, London 1999, s. 27.

⁵⁶ V.V. Claar, „Sprawiedliwy” handel? Czy Fair trade rzeczywiście zwalcza problem ubóstwa?, Prohibita, Warszawa 2011.

W praktyce dużo łatwiej jest dostrzec likwidację, na skutek wymiany handlowej z zagranicą, dotychczasowych miejsc pracy, dużo trudniej rejestruje się powstawanie nowych stanowisk roboczych i nowych szans na uzyskanie zatrudnienia.⁵⁷ Taka asymetria w obserwacji zjawisk, przenosząca się na ocenę zasad rządzących gospodarką światową, wynika w znacznej mierze z uwarunkowań psychologicznych.

Jako uzasadnienie dla handlu sprawiedliwego i odejścia od wolnego handlu zbudowanego na zasadzie korzyści komparatywnych przedstawia się tak zwane wady rynku. Są to sytuacje, kiedy mechanizm rynkowy zawodzi, czego przejawem są, na przykład, monopolizacja, efekty zewnętrzne i asymetria informacyjna. Wprowadzanie narzędzi polityki handlowej w celu przeciwdziałania przejawom wad rynku neutralizuje je tylko do pewnych granic.⁵⁸

Generalnie, ani zasada korzyści komparatywnych, ani handel nazywany sprawiedliwym, nie zapewniają urzeczywistnienia sprawiedliwości i nie eliminują wyzysku. Uwaga ta dotyczy postrzegania handlu w świetle zasady korzyści komparatywnych w obu postaciach, oryginalnej i uogólnionej. Procesy alokacji zasobów oraz regulacji produkcji i wymiany mogą wymagać w praktyce uzupełnienia w postaci działań przeciwdziałających przejawom zawodności rynku. Aby jednak okazały się one skuteczne, nie należy podejmować ich zbyt często. Podobne podejście powinno znaleźć zastosowanie w przypadku międzynarodowego podziału pracy i sięgania po instrumenty polityki handlowej. Wolno natomiast powiedzieć, że jeżeli każdy podmiot w gospodarce światowej skoncentruje się na swoich przewagach komparatywnych, wtedy „każdemu jest lepiej” (*every once is better off*).⁵⁹ Poprawa sytuacji dzięki wymianie

⁵⁷ J. Bhagwati, *Wolny handel dziś. Ekonomiczne idee na nowe Millenium*, CeDeWu, Warszawa 2003, s. 11.

⁵⁸ J. Bhagwati, *op. cit.*, s. 31-35. N. Acocella, *Zasady polityki gospodarczej*, PWN, Warszawa 2002, s. 481.

⁵⁹ P.A. Samuelson, W.D. Nordhaus, *op. cit.*, s. 904.

z zagranicą nie musi być tożsama z wypracowaniem pozycji idealnych, z rozwiązaniem wszystkich wyzwań i problemów oraz pełną realizacją oczekiwań wszystkich podmiotów.

Paul Samuelson zapytany przez matematyka Stanisława Ulama, które prawo nauk społecznych jest najdalej od wskazań intuicji, wskazał zasadę korzyści komparatywnych. Opisywana przez nią specjalizacja produkcji jest intuicyjnie postrzegana jako mniej uzasadniona niż wytwarzanie tylko tego, w czym jest się lepszym od innych. Zasada korzyści absolutnych jest dużo bardziej przekonująca niż zasada korzyści komparatywnych. Nasze proste przykłady liczbowe i uzyskane rozwiązania optymalne wskazują na wyraźny rozdźwięk między korzyściami obu rodzajów.

Abraham Lincoln wypowiedział się przeciwko zakupom szyn kolejowych w Anglii. Uważał, że stanie się lepiej, gdy Amerykanie będą mieli szyny i pieniądze, niż kiedy Amerykanie otrzymają szyny, a Anglicy pieniądze.⁶⁰ Dzięki szerokiej akceptacji zasady korzyści komparatywnej taka logika nie mieści się we współczesnej ekonomii międzynarodowej.

Wnioski

Wprowadzenie programowania liniowego do teorii korzyści komparatywnych pozwala przezwyciężyć trudności definicyjne, ujawniające się po odejściu od często przyjmowanego w teorii ekonomicznej założenia o występowaniu w gospodarce globalnej jedynie dwóch towarów i dwóch producentów. Pozwala dojść do ustaleń, które – do pewnego stopnia – zmieniają interpretację zasady ekonomicznej zaproponowanej przez Davida Ricarda. Przebudowa definicji ma znaczenie praktyczne, ponieważ

⁶⁰ P.A. Samuelson, W.D. Nordhaus, *op. cit.*, s. 904.

ułatwia poznanie, kiedy na rynkach międzynarodowych spotykamy się z przewagami komparatywnymi, a kiedy z absolutnymi.

Model gospodarki światowej odwołujący się do zasady korzyści komparatywnych obrazuje rozmieszczenie przestrzenne produkcji globalnej. Charakterystyka ta dotyczy obu postaci tego modelu, tradycyjnej i uogólnionej, wykorzystującej programowanie liniowe. W obu przypadkach uzyskujemy ilustrację międzynarodowego podziału pracy i budowy potencjału eksportowego poszczególnych krajów oraz pośrednio poznajemy ich potrzeby importowe.

W wersji tradycyjnej model nie jest konstrukcją odzwierciedlającą międzynarodowy handel towarami. Inaczej jest z uogólnieniem modelu i zastosowaniem programowania liniowego, kiedy powstaje możliwość uzupełnienia analizy zjawisk produkcyjnych o strukturę geograficzną i towarową handlu poszczególnych krajów.

Dostępny w literaturze opis działania zasady korzyści komparatywnych w gospodarce światowej z dwoma towarami, jednym czynnikiem wytwórczym i dwoma krajami ma postać precyzyjną. Odejście od założenia o niedużej liczbie wielkości uwzględnianych w modelu i objęcie analizą wielu towarów, czynników i krajów prowadzi do utraty dokładności rozważań. Rodzi to wtedy pytanie o interpretację tej zasady w warunkach ogólnych i o ocenę, czym ona w takiej sytuacji jest, skoro nie da się jej wyrazić w konkretnej formie. Brak jednoznacznych rozstrzygnięć na polu analizy teoretycznej utrudnia badanie konkretnych faktów. W szczególności brakuje jednoznacznej odpowiedzi na pytanie o to, czy odnotowując na platformie międzynarodowej silne strony określonego państwa, grupy krajów lub regionu, mamy do czynienia z ich przewagami absolutnymi czy komparatywnymi. Ponowne sformułowanie zasady Ricarda przy wykorzystaniu programowania liniowego nie tylko pozwala opisać sytuację z dowolną liczbą towarów, krajów i zasobów czynników wytwórczych, ale nadaje analizom postać bardziej precyzyjną i jednoznaczną.

Teoria korzyści komparatywnych głosi, że międzynarodowy podział pracy bywa opłacalny również wtedy, gdy jeden kraj wytwarza wszystkie produkty taniej niż pozostałe kraje oraz gdy istnieje kraj produkujący wszystko drożej niż jego partnerzy. Z tego powodu każdy podmiot gospodarki światowej ma szansę znaleźć dla siebie miejsce w globalnym systemie produkcji. To podstawowe stwierdzenie było obecne w teorii korzyści komparatywnych sformułowanej przez Ricarda i pozostaje w teorii wykorzystującej programowanie liniowe. Co więcej, dopiero wprowadzenie tej modyfikacji pozwala ustalić, w jakich warunkach ten fundamentalny postulat znajduje realizację, a kiedy nie jest to rzeczą pewną.

W naszym modelu międzynarodowego podziału pracy z zastosowaniem programowania liniowego wyróżniliśmy trzy przypadki. Przypadek P polega na rozdzieleniu wszystkich czynników wytwórczych między poszczególne kraje, przypadek Q na rozdzieleniu części czynników wytwórczych między kraje i powszechnym dostępie do pozostałych czynników, przypadek R na powszechnym dostępie do wszystkich czynników. W każdym z tych trzech przypadków rysuje się inaczej wybór optymalnego planu produkcji, zasada korzyści komparatywnych przejawia się w odmienny sposób.

W praktyce zdecydowanie najważniejszy, bo przede wszystkim najczęstszy, jest przypadek drugi Q. Model 2×2 wywodzący się z pracy Ricarda obrazuje przypadek pierwszy P. W pierwszej sytuacji (rozdzielenie wszystkich czynników wytwórczych między poszczególne kraje) maksymalizacja produkcji w skali świata sprowadza się do niezależnej od siebie maksymalizacji produkcji w poszczególnych krajach. W sytuacji trzeciej (powszechny dostęp do wszystkich czynników) pojawia się rywalizacja poszczególnych krajów o zadowalający udział w łącznej puli czynników. W tej ostatniej sytuacji, w imię zwiększenia produkcji światowej, wytwarzanie wielu towarów może zostać skoncentrowane w kilku krajach lub nawet w jednym kraju. Oznacza to, że w pewnych miejscach na świecie

nie należy niczego wytwarzać, co jest odejściem od postulatu zapewnienia każdemu podmiotowi obecności w gospodarce globalnej. Nie jest także wykluczone, że wytwarzanie niektórych towarów w ogóle zaniknie, uwalniając zasoby dla produkcji innych towarów, co posłuży lepiej osiągnięciu największej produkcji w skali świata. Tak więc, w przypadku P umiędzynarodowienie produkcji jest ograniczone, a w przypadku R na gospodarczej mapie świata mogą pojawić się białe plamy.

W sytuacji drugiej Q (rozdzielenie części czynników między kraje i powszechny dostęp do pozostałych czynników) każdy kraj będzie coś produkować, ponieważ musi wykorzystać zasoby posiadane przez siebie na wyłączność. Powiększy w ten sposób produkcję łączną. Wspólna pula zasobów, w tym przypadku tylko niektórych, zostanie rozdzielona między kraje, podobnie jak działo się to w sytuacji trzeciej R. Jak już powiedzieliśmy, przypadek Q ilustruje warunki występujące w gospodarce światowej zdecydowanie najczęściej. Uogólniony model międzynarodowego podziału pracy potwierdza twierdzenie, że każdy kraj lub region ma szansę włączyć się w globalny system wytwarzania.

Wnioski z naszej analizy rzucają również światło na twierdzenie Heckschera-Ohlina. Połączenie treści tego wyniku teoretycznego z programowaniem liniowym każe sformułować twierdzenie o obfitości zasobów w nieco inny sposób. Kraje eksportują towary, których produkcja wymaga relatywnie oszczędnego zużycia czynników dostępnych na ich obszarze w dużych ilościach. Importują natomiast te towary, do powstania których potrzeba w dużych ilościach czynników na ich obszarze rzadkich.

O Autorze

Prof. dr hab. Leszek Jasiński jest pracownikiem Wydziału Administracji i Nauk Społecznych Politechniki Warszawskiej i Centrum Europejskiego Natolin. W latach 2005-2013 był dyrektorem Instytutu Nauk Ekonomicznych PAN. W latach 90. pracował w Biurze Pełnomocnika Rządu do spraw Integracji Europejskiej i Pomocy Zagranicznej, a następnie w Urzędzie Integracji Europejskiej. Zajmuje się ekonomią międzynarodową, makroekonomią, finansami i analizą regionalną. Jest autorem następujących książek:

- *Stosunki ekonomiczne z zagranicą w PRL, 1994*
- *Analiza integracji. Przygotowania do członkostwa Polski w Unii Europejskiej, 1998*
- *Polska polityka kursowa w okresie umacniania się systemu rynkowego 1990-1998, 1999*
- *Integracja regionalna w warunkach globalizacji gospodarki światowej, 2000*
- *Spójność ekonomiczna regionów Polski na tle krajów Unii Europejskiej, 2005*
- *Podstawy funkcjonowania gospodarki światowej, 2007*
- *Myślenie perspektywiczne. Uwarunkowania badania przyszłości typu foresight, 2007*
- *Bliżej centrum czy na peryferiach? Polskie kontakty gospodarcze z zagranicą w XX wieku, 2011*
- *Sektory przemysłu i wiedzy. Ewolucja struktury gospodarki, 2011*
- *Ekonomia i etyka, 2012*
- *Spójność ekonomiczna i społeczna regionów państw Unii Europejskiej, 2012*
- *Podstawy ekonomii, Warszawa 2013*
- *Nobel z ekonomii 1969-2013. Poglądy laureatów w zarysie, 2014*

LESZEK JERZY JASIŃSKI

Trade benefits everyone

*Generalisation and reinterpretation
of the theory of comparative advantage**

Korzyści handlowe dla wszystkich

*Uogólnienie i reinterpretacja
teorii korzyści komparatywnych*

* This paper is an attempt to reformulate the theory of comparative advantage, which underlies the international economics, taking into consideration case studies of many goods and many countries.

Problem Statement

In the early 19th century, David Ricardo introduced the theory of comparative advantage, which provides a basis for international economics.¹ According to his theory, each country should produce and sell abroad those goods that it is comparatively better at producing, but which does not necessarily mean that it produces them more cheaply in absolute terms. At the same time, it should import the goods that it produces less efficiently while having no comparative advantage in the case of such goods.

In the light of this theory, international trade becomes necessary and profitable for everyone even if one country produces all the goods more cheaply than the others while a second country has higher production costs across the board. Advantageous cross-border trade does not require one country to have an absolute advantage in the production of a good combined with an absolute advantage of another country in the production of another good.² Such advantages, rather than absolute ones, can be identified not only with respect to states and countries, but also with regard to integration blocks, regions, companies of all sizes and even family members who share household chores among themselves.³ The existence of comparative advantage is one of the most important explanations (though not the sole one) for the existence of international trade, its constant expansion and the benefits it brings.

¹ D. Ricardo, *On the Principles of Political Economy and Taxation*, 1817. Was Ricardo in fact the author or just the proponent of the theory of comparative advantage? Robert Torrens and James Mill are often cited as those who arrived at similar findings before him. H. Landreth, D. C. Colander, *Historia myśli ekonomicznej [History of Economic Thought]*, PWN, Warszawa 2005, p. 149.

² R. Lüchinger, 12 ikon ekonomii. *Od Smitha do Stiglitz* [*Die zwölf wichtigsten Ökonomen der Welt. Von Smith bis Stiglitz*], Studio Emka, Warszawa 2007, p. 51.

³ P. A. Samuelson, W. D. Nordhaus, *Economics*, McGraw-Hill, New York 1989, p. 901.

In the second half of the 18th century, even before Ricardo published his work, Adam Smith had introduced the theory of absolute advantage.⁴ In his opinion, the international division of labour is determined by the fact that certain countries achieve an absolute advantage in terms of production costs. Smith indicated that the export of surpluses produced in agriculture and manufacturing was the way to national prosperity.⁵ The theory of absolute advantage provided a critique of mercantilism, which used to be the dominant economic theory and called for strenuous efforts to achieve a positive international trade balance.

When all partners focus on areas of their comparative (rather than absolute) advantage, global production and consumption will rise. This will in turn have a positive impact on the economic development of all trade participants. This effect should first of all become evident in those international markets where the exchange conducted by independent economic operators is not impeded by trade barriers. The place where the principle of comparative advantage appears to hold best is the single market of the European Union.

The relationship between production costs in individual countries (as measured by the amount of labour required) is used to determine which countries should specialise in the production of which goods in the pursuit of global benefits. The principle of comparative advantage has become the foundation for interpreting the phenomena that are observed in international trade and in the world economy.⁶ It is commonly

⁴ A. Smith, *Badania nad naturą i przyczynami bogactwa narodów* [*Nature and Cause of the Wealth of Nations*], vol. 1, PWN, Warszawa 2007, p. 431–432 (first English ed. 1776).

⁵ K. McCreddie, *Adam Smith. Bogactwo narodów* [*Adam Smith's The Wealth of Nations*], Studio Emka, Warszawa 2012, p. 94.

⁶ It can be found in any textbook on international economics, e.g. R. C. Feenstra, A. M. Taylor, *International Economics*, Worth Publishers, New York 2008, p. 31–40, D. Salvatore, *International Economics*, John Wiley & Sons, Hoboken 2011, p. 31–50. It is also referenced in works on *international logistics*. Cf. P. David, R. Stewart, *International Logistics*, Cengage Learning, Mason 2010, p. 12–13.

referenced in economic writings but many charges have also been levelled that this theory is often oversimplified or misunderstood and that it is sometimes unreasonably ignored.⁷

In textbooks on international economics, the law of interest is presented using examples, which are accompanied by general statements. As a rule, only two types of goods and two countries are considered. It is tacitly assumed that the production process only involves and requires one factor of production, i.e. labour, which is measured in hours. When presenting the law of comparative advantage in its general form, with an arbitrary number of goods and countries, one moves away from the numerical example and approaches the problem in a broader fashion. It then becomes difficult to explain the law in its generalised version and to determine, who benefits, in practice, from the specific comparative advantage. There are formulations of this law in which two goods are traded between many countries or in which many countries trade two goods between themselves, but even here general issues remain unresolved. Further in this article, we will attempt to formulate the law of comparative advantage for multiple countries, multiple goods and multiple factors of production required in the production process.

We will put forward a new version of the law in question; more specifically, we will consider a slightly different wording and interpretation. We will not reject Ricardo's fundamental idea, according to which, and conveniently for all parties, weaker operators in the global economy can continue to produce certain goods, while stronger operators do not have to produce everything. We will also consider whether the law of comparative advantage only pertains to the production process on a global scale, i.e. the international division of labour, or whether it also describes the processes of production and cross-border trade simultaneously.

⁷ P. Krugman, *Ricardo's Difficult Idea*, >><http://web.mit.edu/krugman/www/ricardo.htm><<.

An Example of the Law of Comparative Advantage in Operation

Since the days of David Ricardo, this particular economic law of interest has been explained by using examples that have very similar meaning to one another. The differences between them remain slight, even when the authors veer from the traditional description of the production of wine and cloth by England and Portugal, which featured in Ricardo's original work in the early 19th century.⁸ Although our first numerical example in this paper does not explicitly refer to specific goods and countries, it does not differ in essence from the traditional ones.⁹

Numerical Example I. The global economy consists of two countries (A and B), which produce two goods: shirts and computers. One good is more technologically advanced than the other. Table 1 shows labour productivity per hour in both countries: country A produces 6 shirts or 4 computers during that time, while country B produces 1 shirt or 2 computers.

Country A has an absolute advantage over country B in the production of both goods and it may appear that country A should become their sole global supplier. However, if we consider that there is a need for country B to participate in the international division of labour, it would be intuitive for country A to engage in sewing shirts and for country B to produce computers. Let us try to justify this preliminary conclusion.

⁸ D. Ricardo, *op. cit.*, p. 149–156. E. Phelps uses an example of the division of labour between a composer and a lyricist where the former excels over the latter in both areas of songwriting. *Political Economy*, Norton, New York 1985, p.98–99.

⁹ This is a slightly modified example taken from S. Brakman, H. Garretsen, C. van Marrewijk, A. van Witteloostuijn, *Nations and Firms in the Global Economy. An Introduction to International Economics and Business*, Cambridge University Press, Cambridge 2006, p. 65–66.

Table 1. Labour productivity per hour

	Country A	Country B
Shirts	6	1
Computers	4	2

Country A produces shirts 6 times more efficiently than country B; in the case of computers, its absolute advantage ratio is 2. This means that country A has a comparative advantage over country B in the production of shirts. On the other hand, country B has a comparative advantage in the production of computers, since the ratio in favour of the competitor in this respect is just 1:2 while with regard to shirts it is 1:6. What does the identification of comparative advantage lead to and what are the consequences of recognising it as the key factor in the development of production structures in individual countries?

Let us first describe what happens before production becomes specialised. Let us assume that country A has 4 hours of labour at its disposal that are allocated equally to the production of shirts and computers. On the other hand, the labour resources available in country B amount to 12 hours and are split 8:4 between the production of shirts and computers. The last column in Table 2 shows the global production of both goods before production becomes specialised.

Table 2. Production before trade

	Country A (4 hours of labour)	Country B (12 hours of labour)	Global production
Shirts	12	8	20
Computers	8	8	16

We have put forward a suggestion that country A should supply shirts while country B should produce computers. This is the essence

of the principle of comparative advantage. This results in a new international distribution of production as shown in Table 3.

Table 3. Production where trade is consistent with comparative advantage

	Country A	Country B	Global production
Shirts	24	0	24
Computers	0	24	24

As a comparison, Table 4 shows production distributed in a manner exactly contrary to this principle. Now we have a third plan for allocating production in the two countries.

Table 4. Production where trade is contrary to comparative advantage

	Country A	Country B	Global production
Shirts	0	12	12
Computers	16	0	16

As we can see, the global production in circumstances where allocation is exactly opposite to the principle of comparative advantage (Table 4) or where production is not specialised at all (Table 2) is significantly lower than the optimal volume (Table 3).

Comparative Advantage of Individual Countries

The principle of comparative advantage may be supplemented by identifying the sources of such advantage for economic operators. There are three main factors that contribute to the strong international position of economic regions. These are access to factors of production

and the corresponding low factor intensity (inputs in relation to outputs), climate conditions that facilitate agricultural production or easy-to-extract natural resources as well as available and implemented technological solutions.¹⁰ Obviously, these conditions alone are insufficient in order to become successful in the international arena. For example, the producer's reputation and brand are also important – this is referred to as reputational competitive advantage.

In general, comparative advantage stems from natural or acquired characteristics. The former are associated with climate and the presence of natural resources, while the latter are due to the existence of suitable physical, human and social capital and the mastery of the required technologies in the country in question. In Ricardo's days, countries specialised in the production of specific final products that were intended for consumption or investment purposes; today, specialisation increasingly concerns the activities that only constitute certain stages in the production of finished goods.¹¹

Let us look for examples of comparative advantage enjoyed by countries owing to natural conditions. The United States is often cited as a country that has an advantage with respect to cereals and cotton, Canada in the case of wood, and Sri Lanka when it comes to tea. Australia, Guinea, Jamaica, the Guiana Shield and Brazilian Highlands are well-known areas that supply bauxite.

It is also possible to find examples of advantage that result from the exploitation of natural conditions for production that are unique in the world. The town of Grasse on the French Côte d'Azur is considered

¹⁰ P. Krugman, R. Wells, *Mikroekonomia [Microeconomics]*, PWN, Warszawa 2013, p. 350–366.

¹¹ *Economics. Making Sense of the Modern Economy*, S. Datta (ed.), The Economist, London 2011, p. 181–182.

the world's capital of perfume because the local microclimate is exceptionally conducive to the production of natural flavours. A similar situation exists with respect to the production of many kinds of wine. Indonesia and (to a lesser extent) other Southeast Asian countries are suppliers of the most expensive coffee in the world – *Kopi Luwak*.¹² This reveals the enormous advantage of local producers, which is more absolute than comparative in its nature. In the case of cocoa, global production has been dominated (albeit not monopolised) by the Ivory Coast, Ghana and Indonesia. These countries have an advantage that is more comparative than absolute in its nature.

Apart from natural advantage, acquired comparative advantage may also be observed in some cases. South Korea has such an advantage in the case of commercial sailing vessels, the United Kingdom in financial services, the United States in computer software, China and Bangladesh in clothing, while Switzerland used to have it with respect to the production of watches in general (today it retains this advantage in luxury watches).¹³ Comparative advantage in the production of specific goods and services is never given for keeps – it changes with time. In the 1970s and 1980s, Japan had a comparative advantage in the production of cars, stemming from the technology used, which was superior to that of the United States and Europe. This gave Japan the position of the world's largest exporter of cars, which it failed to retain in later years.

Are the cited examples of comparative or of absolute advantage? Do such strengths as those of Bangladesh with respect to the production of clothing, Switzerland in the production of expensive watches and the United States in computer software, bring an absolute or comparative

¹² *Kopi Luwak* coffee beans get a unique flavour after passing through the digestive tract of a civet (which is known as *luwak* in the region) and being subsequently washed.

¹³ R. J. Carbaugh, *International Economics*, South-Western, Mason 2009, p. 51–54.

advantage to the countries in question? These are not easy problems to solve. The theory of comparative advantage, which is a very general one and lacks a precise formulation where more than two goods, factors or countries are involved, does not unequivocally state which kind of advantage determines e.g. the success of Korean shipyards. As there is insufficient theoretical clarity, the analysis and classification of concrete facts becomes more difficult.

In many highly developed countries, agriculture is probably the sector most protected from foreign competition. The Common Agricultural Policy of the European Union has its counterparts all over the world. From the economic point of view, it is questionable whether this protected sector of the economy enjoys a comparative advantage. However, owing to political imperatives, it is difficult to imagine a shift away from supporting agriculture and the concentration of plant and animal production in places that have a comparative advantage, much less an absolute one.¹⁴

In economic debates, much space is devoted to an advanced form of cooperation between independent companies, i.e. clustering. In order for company clusters to form, three conditions have to be met: considerable manufacturing resources and skills need to be concentrated in a certain area, the collaborating organisations need to achieve a strong position both nationally and internationally and they need to command a long-term comparative advantage.¹⁵ The presence of clusters is considered a source of additional prestige for the region in question as well as for the companies that operate there. Examples of such clusters include Silicon Valley (information technology), Silicon Fen (biotechnology), Hollywood (film

¹⁴ T. Cleaver, *Economics. The Basics*, Routledge, London 2004, p. 158.

¹⁵ M. E. Porter, *Clusters and the new economics of competition*, "Harvard Business Review", 76, November/December 1998..

production), Farnborough (aerospace industry) and the City of London (financial services).

Are clusters tantamount to a comparative advantage or rather an absolute one? Formally, the definition leaves no doubt, but insufficient clarity in the discussion of such advantage makes it difficult to discuss clusters, which are particularly important for today's knowledge-based economy.¹⁶

It should be noted that the practical utility of the principle of comparative advantage may be assessed in two different ways. On the one hand, it forms the basis for our thinking about the international division of labour. In the light of this principle, each country, also one that produces all goods more expensively than its partners, has an opportunity to participate in the global production process and this will be received favourably by the remaining countries. While the principle of comparative advantage does not rule out measures to protect an economy from external competition, it mandates caution when introducing protective measures, especially extensive ones, with respect to the country's economic system. This is the positive aspect of this economic law.

On the other hand, the widespread application of this principle may result in the development of one-sided economic structures while giving up on modernity. For example, in the light of the examined theory, the country analysed should, depending on its natural resources, concentrate on food or lumber production rather than that of electronics and biotechnology. Apart from forgoing development ambitions, such a homogeneous sectorial composition of the economy makes a country highly dependent on the global business climate.¹⁷ Some years ago, Sri Lanka limited its economic activity to the production of tea, which gives excellent

¹⁶ L. J. Jasiński, *Podstawy ekonomii*, OWPW, Warszawa 2013, p. 34–35.

¹⁷ L. J. Jasiński, *Sektory przemysłu i wiedzy. Ewolucja struktury gospodarki*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011, p. 71.

yields on the island, but it was only the diversification of production and exports that accelerated the country's development. The principle of comparative advantage presents a static picture of the international economy and does not cover any description of temporal change.

The Law of Comparative Advantage in both the Two-By-Two Case and the General Case

We adopt the following assumptions concerning the model of the world economy: there is only one factor of production in the form of labour, which can be measured e.g. in hours. There are differences in the efficiency of goods production between countries (we shall not go into reasons for this here). Labour is perfectly mobile within individual countries, and therefore between different manufacturing sectors, but it is not so at the international level. Labour productivity does not change as a result of an increase or decrease in production and remains constant at every level of production.

The principle of comparative advantage, which illustrates a case of two countries and two goods (the two-by-two model), is formulated in general terms as follows:¹⁸ We have countries A and B and goods C and F (short for cloth and food as in Ricardo's original example). By l_C^A we denote the input required to produce good C in country A ; in an analogous manner, we denote the input in the case of good F and country B . The law of comparative advantage states that country A will produce good F if and only if

¹⁸ M. E. Porter, *Clusters and the new economics of competition*, "Harvard Business Review", 76, November/December 1998..

$$(1) \quad \frac{l_F^A}{l_F^B} < \frac{l_C^A}{l_C^B}$$

A simple transformation of equation (1)

$$(2) \quad \frac{l_F^A}{l_C^A} < \frac{l_F^B}{l_C^B}$$

demonstrates that country A will produce good F if and only if the relative requirements related to the inputs required to produce this good are lower in country A than in country B .

The principle of comparative advantage may be formulated using the concept of opportunity cost. This is the value that arises if the resources available are utilised in a manner different than hitherto. The country in question enjoys a comparative advantage if the opportunity cost of producing the good or service in question in this country is relatively lower compared to other countries.¹⁹

How can we move away from the unrealistic assumption that there are only two countries in the world and that only two goods are produced and traded?²⁰ In fact, the original Ricardian model is not a two-by-two model but rather a two-by-two-by-one model since only one factor of production (labour) is taken into account. Is an I -by- J -by- K model possible where I, J and K are arbitrary natural numbers denoting the number of goods (I), the number of factors of production (J) and the number of countries (K)? What difficulties are involved in attempting to generalise the model?

In economic literature, two cases are described that are more general than the two-by-two model, which we consider in fact to be

¹⁹ W. F. Samuelson, S. G. Marks, *Ekonomia menedżerska [Managerial Economics]*, PWE, Warszawa 2009, p. 269.

²⁰ P. R. Krugman, M. Obstfeld, *International Economics. Theory and Policy*, Addison-Wesley, Boston 2003, p. 26–28.

a two-by-two-by-one model. These more general situations are illustrated by formulas (3) and (4). The first formula concerns the case where the number of countries $K=2$, while the number of goods (I) is arbitrary, and the second formula the case where the number of countries (K) is arbitrary and the number of goods $I=2$. In both cases, only one factor of production $J=1$ is applicable; this is a tacit assumption that is treated as natural.

$$(3) \quad \frac{l_1^A}{l_1^B} \leq \frac{l_2^A}{l_2^B} \leq \dots \leq \frac{l_I^A}{l_I^B}$$

$$(4) \quad \frac{l_F^1}{l_C^1} \leq \frac{l_F^2}{l_C^2} \leq \dots \leq \frac{l_F^K}{l_C^K}$$

Twice, we face the problem of finding the cut-off point, i.e. choosing the appropriate term in the sequence of labour input relationships described by (3) or (4). If we have to cut a two-term sequence and construct two one-term subsequences, which was the case with the 2×2 model, indicating the cut-off point is not a problem. If, however, the sequence includes at least three terms, there is a difficult decision to make. Which term in sequence (3) will be the last one assigned to country A , and which term will be classified as the first one assigned to country B ? How do we analogously cut sequence (4), separating the production of two goods between multiple countries? The analysis of the 2×2 model conducted so far does not provide any specific guidance for selecting the cut-off point in the new case. It can only be concluded that where we have two countries and multiple goods, the cut-off point should depend on the current level of international supply and current demand for individual goods.

The difficulty with finding the cut-off point and with dividing sequence (4) arises from the need to introduce an additional criterion that

would allow for that. Without this criterion, if we have an ordered set of relationships between inputs, cutting the sequence is impossible since no division can be justified.

A practical example of the sequence of goods to be divided between two countries is shown in Table 5, which presents a simplified spectrum of United States vs. Japan comparative advantage. The closer a group of products is to a pole (which denotes one of the countries), the greater the comparative advantage of the country-pole in question with respect to such goods. Thus a growing demand for semiconductors, and the consequent increase in their prices will shift the cut-off point towards Japan, increasing the area of its advantage. Conversely, a decrease in demand for semiconductors will cause an opposite shift towards the United States.

Table 5. United States vs. Japan comparative advantage spectrum

U.S. advantage	Chemicals	Jet aircraft	Computers	Cars	Steel	Semiconductors	Japanese advantage
----------------	-----------	--------------	-----------	------	-------	----------------	--------------------

Source: R. J. Carbaugh, *International Economics*, South-Western, Mason 2009, p. 49.

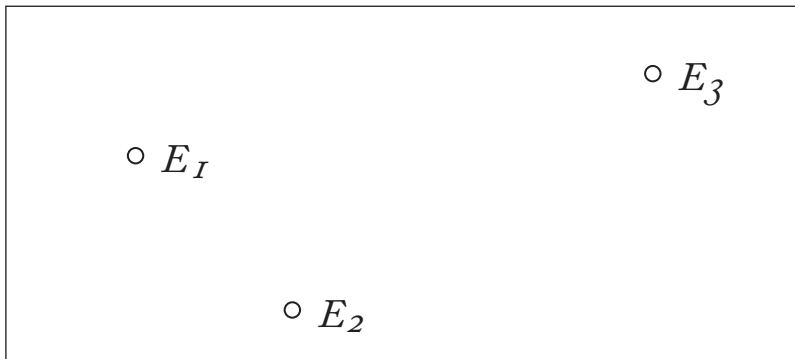
The search for the cut-off point in sequence (4) is similar to the problem of distribution of goods among consumers illustrated by the Edgeworth box. This presentation (as opposed to a resolution) of the problem of distribution was published in 1881. An example distribution of goods is shown in Figure 6.

In this case, there are two consumers and two goods available – 10 units of the former and 5 units of the latter. How do we distribute these goods among consumers? Three examples of such distribution are represented on graph (6) by points E_1 , E_2 and E_3 . The distribution of good I between consumers can be read on the x -axis, while the distribution of good II can be read on the y -axis. The portion allocated to consumer i

is represented by the section that originates from o and can be found by moving towards the right. The portion allocated by consumer 2 is represented by the section that originates from the opposite corner of the rectangle and can be found by moving towards the left.²¹

Table 6. Distribution of two goods between two consumers, Edgeworth box

Good 2 (5 units)



Good 1 (10 units)

The three examples of distribution of goods E_1 , E_2 and E_3 from graph 6 are further described in Table 7.

Table 7. Selected methods – Edgeworth distribution of two goods between two consumers

	Consumer 1	Consumer 2
Point E_1		
Good 1	2	8
Good 2	3	2
Point E_2		
Good 1	4	6

²¹ A. Schotter, *Microeconomics. A Modern Approach*, South-Western, Mason 2009, p. 524.

Good 2	1	4
Point E_2		
Good 1	8	2
Good 2	3	2

Cases with two countries and an arbitrary number of products and with an arbitrary number of countries and two products have been analysed by G. Haberler²² and J. Viner.²³ F.D. Graham's aggregate global production model, which covers multiple goods and multiple countries, and which comes down to a system of equations and inequalities, makes it possible to determine a goods production plan through trial and error.²⁴ L. W. McKenzie has twice transformed this model using similar methods by introducing the efficiency criterion.²⁵ R. W. Jones researched the allocation of production of various goods to individual countries in the case where the number of countries and the number of goods are equal.²⁶ At the same time, he retained the assumption that only one factor of production, i.e. labour, is used in the global economy. Jones was looking for a way of allocating specific goods to particular countries, taking into account the relationships between labour inputs. This enabled him to build a table that resembled an input-output matrix.

A great effort was put forward to solve the $n \times n$ problem. A model of m products, n countries, intermediate goods and a choice of production

²² G. Haberler, *The Theory of International Trade*, W. Hodge, London 1933.

²³ J. Viner, *Studies in the Theory of International Trade*, Harper, New York 1937.

²⁴ F.D. Graham, *The Theory of International Values*, Princeton University Press, Princeton 1948

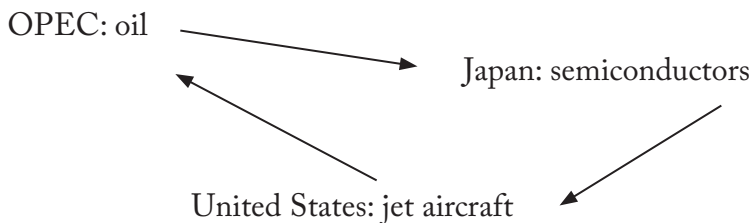
²⁵ L. W. McKenzie, *Specialisation and Efficiency in World Production*, "The Review of Economic Studies", 21, 1953, (3): 165-180, L.W. McKenzie, *Specialization in Production and the Production Possibility Locus*, "The Review of Economic Studies", 23, 1955, (1): 56-64.

²⁶ R. W. Jones, *Comparative Advantage and the Theory of Tariffs: A Multi-Country, Multi-Commodity Model*, "The Review of Economic Studies", 28, 1961, (3): 161-175.

techniques was suggested by Y.Shiozawa²⁷. A.V.Deardorff²⁸ has included in the model trade costs of producing and delivering goods and services. A.J.Cassey²⁹ changed Deardorff's result by agglomeration of exporters from the point of view of destination of shipments. My paper is one more contribution to solve the Ricardian problem of m products, n countries and w used factors of production, where $\min(m,n,w) > 2$. I call it the $m \times n \times w$ model. I go back to the original question of assignment products to countries. It is possible to consider just one factor of production, but it is not difficult to assume that one has more than one factor.

Graph 8 describes trade between three operators in the global economy, each of whom offering a different good. This good is exported to a partner who in turn also sells only one type of good to a single partner. The direction of movement of goods is signified by arrows. In this example, there are three goods. However, this only looks like a three-by-three model, since when considering a relationship between two countries, we limit ourselves to a single good only.

Table 8. Multilateral trade between the OPEC countries, Japan and the United States



Source: R.J. Carbaugh, *International Economics*, South-Western, Mason 2009, p. 50.

²⁷ Y.Shiozawa, *A New Construction of Ricardian Trade Theory—A Many-country, Many-commodity Case with Intermediate Goods and Choice of Production Techniques*, “Evolutionary and Institutional Economics Review”, 2007, 3.

²⁸ A.V.Deardorff, *How Robust is Comparative Advantage?*. *Review of International Economics* 2005, 13.

²⁹ A.J.Cassey, *An application of the Ricardian trade model with trade costs*, “Applied Economics Letters”, 2012, 19.

Nevertheless, the theory lacks a description of the principle of the comparative advantage, when dealing with more than two countries, goods and resources of factors of production.

The Principle of Comparative Advantage and Linear Programming

We will generalise the principle of comparative advantage to cover a case where multiple goods, multiple factors of production and many countries are present. We will thus construct an I -by- J -by- K model. In the system analysed, there are I goods, J resources of factors of production and K countries.

Just as in the two-by-two model, we make certain assumptions concerning the functioning of the global economy. We consider multiple factors of production and not just labour. These factors are localised in the form of resources that are available in two different ways: we either have resources located in individual countries and only available for use to local producers or we have resources that are offered to producers from all over the world. Factors of production are perfectly mobile within individual countries but, in the light of the assumption above, do not necessarily flow from one country to another. Just as before, we do not explain the differences in productivity between different countries. The productivity achieved does not depend on the production level.

Let x_{ik} be the amount of good i produced in country k and b_{jk} be the resource of the factor of production j available in country k , $i=1, \dots, I$, $j=1, \dots, J$, $k=1, \dots, K$. Further, let coefficient a_{ijk} express the amount of factor j required in country k to produce good i . We will refer to a_{ijk} as technological coefficients. Similarly as resources of factors of production,

they can be expressed in terms of value, which allows for their comparison. In monetary form, coefficients a_{ijk} are unit costs of production. A variant with physical quantities as well as a mixed variant with both values and physical quantities are conceivable.

We want to determine a plan for the production of all goods in individual countries that will maximise production worldwide and take into account the distribution of resources of factors of production. We will determine such a plan by solving the following linear programming problem: maximise the function:

$$(5) \quad \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{ik} \rightarrow \max$$

subject to following constraints:

$$(6) \quad \sum_{i=1}^I a_{ijk} x_{ik} \leq b_{jk}, \quad j = 1, \dots, J, \quad k = 1, \dots, K,$$

$$(7) \quad x_{ik} \geq 0, \quad i = 1, \dots, I, \quad k = 1, \dots, K.$$

In constraints (6), weak inequalities can be replaced by equations, which is tantamount to the full utilisation of available resources. In this chapter, we will retain inequalities; further, when constructing numerical examples, we will also use equations. Owing to the fact that the parameters are non-negative, problem (5)–(7) always has an optimal solution if it is not internally contradictory.

Are we allowed to add volumes of production of different goods to one another in objective function (5)? If production is expressed in terms of value, this is not an issue. If, however, it is expressed in quantitative terms, such addition is no longer possible.

We have assumed that the relationship between the total consumption of factors of production and the amount of production is described

by a linear function. We have included this among constraints (6). This is a consequence of the assumption that productivity remains constant while production volume changes. If we arrive at the conclusion that this relationship is better described by a non-linear function, constraints (6) should be modified accordingly and we are then faced with a non-linear programming problem. In some sectors of the economy, an increase in production by a certain percentage usually requires an increase in inputs by a slightly lower percentage; this applies especially to the automotive, aerospace and petrochemical industries. This modification makes the calculations required to solve the problem more complex.

Some resources of factors of production are located permanently in individual countries, while some are traded freely in the international arena. This fact will be accounted for in the model. We will assume that the resources of factors numbered $1, \dots, J'$ are permanently located in individual countries while the remaining resources numbered $J'+1, \dots, J$ are generally available, form common pools and may be used in any country. Therefore we will replace the set of constraints (2) with two sets of constraints

$$(8) \quad \sum_{i=1}^I a_{ijk} x_{ik} \leq b_{jk}, \quad j = 1, \dots, J', \quad k = 1, \dots, K,$$

$$(9) \quad \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K a_{ijk} x_{ik} \leq b_j, \quad j = J'+1, \dots, J,$$

where b_j is the resource of factor of production j that can be used globally.

Above, we have used two expressions (*resources of factors of production and factors of production*) whose meanings differ. The linear programming problem that illustrates the international division of labour actually has three forms. In the first formulation, all factors of production are distributed among different countries; this is problem (5), (6), (7). A single factor of production is present many times in individual countries as a separate,

local resource. In the second formulation, some factors of productions are divided between countries and the remaining factors are universally accessible; this is linear programming problem (5), (7), (8), (9). Here, too, many (albeit not all) factors will be included repeatedly as separate resources. Finally, in the third formulation, access to all factors of production is universal where $J'=0$ – problem (5), (7), (9). In the third case, the numbers of resources of factors of production and of the factors themselves are equal.

These three economic situations will be referred to respectively as cases P, Q and R. In each case, the number of variables remains the same and equals $I \times K$. In case P, constraints are introduced in the number equal to the number of factors multiplied by the number of countries. In case Q, $J \times K + (J - J')$ constraints are introduced; this is the number of distributed factors multiplied by the number of countries plus the number of non-distributed factors. In the last case (R), the number of constraints equals the number of factors of production.

In practice, case Q dominates. From the economic point of view, situations referred to as P and R concern rarely emerging effects of the international division of labour. Case Q comprises constraints that characterise the most common multilateral distribution of production plans.

In case P, linear programming problem (5), (6), (7) can be substituted by multiple problems of smaller sizes. Instead of a single problem with $I \times K$ variables and $J \times K$ constraints, we get K problems with I variables and J constraints. For each $k = 1, \dots, K$, we have the following problem:

$$(10) \quad \sum_{i=1}^I x_{ik} \rightarrow \max$$

given the following constraints:

$$(11) \quad \sum_{i=1}^I a_{ijk} x_{ik} \leq b_{jk}, \quad j = 1, \dots, J,$$

$$(12) \quad x_{ik} \geq 0, \quad i = 1, \dots, I.$$

The decomposition of the original problem is important not only from the point of view of computational techniques – it is also significant in terms of interpretation. When resources of all factors of production are distributed between the countries (case P), maximising global production comes down to maximising production in individual countries, in each case on the basis of the resources they exclusively own. The optimum production plan for country k is constructed independently of what is happening abroad. This independence comes to an end where resources of certain factors of production are available to all countries (remain undistributed)

A different effect emerges in case R, where we only have resources that are universally available to all economic operators in the world. This makes it possible to concentrate the production of a specific good in a single country. Of equal importance, it also becomes feasible to produce only some goods globally. This is sufficient to maximise the objective function and allows the full utilisation of the resources available. Such an effect would be contrary to the tacit assumption of the theory of comparative advantage that all I goods considered are produced and also to the explicitly stated basic assumption of the theory that each country should engage in some production activity.

If the number of factors of production J is much smaller than the number of variables $I \times K$, then few variables will be non-zero in the optimal solution of problem (5), (7), (9). If e.g. we have two factors of production $J=2$, three countries $K=3$ and three goods $I=3$, only two variables x_{ik} will have non-zero values in the optimal solution. The production of one of the goods in question will not commence and the production of the remaining two goods may be concentrated in a single country. This result

concur with intuition: the maximisation of global production requires its concentration in a single country where it is the most efficient. Abandoning the production of certain goods that require the consumption of more factors of production in favour of those goods that require less of them is also justified. These, however, are not the initial expectations with respect to the principle of comparative advantage.

It should, therefore, be repeated – from the practical point of view, the multilateral distribution of production plans gains the most importance in case Q, and it is this distribution that is worth examining. In case Q, some resources of factors of production are permanently located in individual countries and the remaining resources form a pool available to all countries. Cases P and R are of theoretical and complementary importance only.

There is one last question to answer: who solves the linear programming problem that allows production plans to be allocated on an international scale? Just as in the case of the Ricardian two-by-two model described by (1) and (2), this is the task assigned to the “invisible hand” described by Adam Smith, i.e. a self-regulating market mechanism.³⁰ Similarly, the national economy, just like the global economy also involves activities by economic operators that are implemented independently but nevertheless harmonised. Operators from different countries make independent decisions, which form an internally consistent network of plans concerning the consumption of resources of factors and the production of goods.

³⁰ We should remember that Adam Smith understood the “invisible hand” as the social harmony present in individual actions by market operators and not as the absence of the government in the economy.

Absolute and Comparative Advantage in the Generalised Model

We have already stated that international trade benefits everyone even if one country produces all the goods more cheaply than its partners while another country has higher production costs across the board. Absolute advantage by a country in the production of a particular good is not required for trade to be generally beneficial – comparative advantage is sufficient. These two types of advantage usually do not occur simultaneously although the mobility of production inputs causes them to be interdependent.³¹ A focus on areas of comparative rather than absolute advantage leads to an increase in global production and consumption. Obstacles to international trade interfere with these phenomena, thus reducing global production volumes.³²

This is what the existing theory posits. In practice, however, how should we determine which country enjoys a specific absolute or comparative advantage in the real world, which is a lot more complex than the simple and easy to understand and teach *2x2x1* model? In reality, we are dealing with multiple goods, factors of production and countries, and in this case the theory of comparative advantage encounters definitional difficulties. What does the use of linear programming change? How should we use the concepts of absolute and comparative advantage in economic discussions when we want to determine the kinds of advantage enjoyed by individual countries?

In order to present a definition of absolute advantage, we will need a technological coefficient matrix A , while to define comparative advantage, we will require the optimal solution of the linear programming

³¹ R. E. Caves, J. A. Frankel, R. W. Jones, *Handel i finanse międzynarodowe [World Trade and Payments]*, PWE, Warszawa 1998, p. 222, 227.

³² H. Landreth, D. C. Colander, *op. cit.*, p. 153.

problem that corresponds to the generalised model of international division of labour. This solution is a set of variable values x_{ik} where $i=1, \dots, I, k=1, \dots, K$.

We can state that country k^* enjoys an *absolute advantage* in the production of good i if the sum of the costs of the factors consumed in the production of this good turns out to be the lowest for this country. We calculate the sum of unit consumptions of individual factors of production.

$$(13) \quad \sum_{j=1}^J a_{ijk^*} = \min_{1 \leq k \leq K} \sum_{j=1}^J a_{ijk}.$$

Definition (13) does not imply a change in relation to the position derived from Adam Smith's work.

We can state that country k^{**} enjoys a *comparative advantage* in the production of good i if in the optimal solution to the linear programming problem, which is the generalised model of international division of labour, the following inequality is as follows: (14)

$$(14) \quad x_{ik^{**}} > 0.$$

Therefore, comparative advantage with respect to a specific good means that this good is produced in the country in question under the global division of labour.

Both definitions are based on the linear programming model. How should they be transplanted to popular discussions of economics and everyday observations of the world economy? While retaining the essence of both theoretical definitions, it can be stated that a country enjoys a *comparative advantage* in the production of a certain good where it has produced this good for a long time in the absence of strong protection against foreign competition. The "invisible hand" of the international

market, which “solves” linear programming problem (5)–(7), has made the country a long-time producer of the good in question. Let us call this the *pragmatic definition of comparative advantage* as opposed to the theoretical definition. On the other hand, a country enjoys an *absolute advantage* in the production of a certain good when it produces it at the lowest cost as reflected by the technological coefficient matrix A or similar statistical breakdowns of costs. The answer to the practical question as to whether comparative advantage exists is easy and only requires the knowledge of the structure of international trade; linear programming is not necessary here. On the other hand, the question about absolute advantage requires extensive statistical analysis.

Absolute advantage as expressed by (13) and comparative advantage as expressed by (14) need not coincide. First, a precise theoretical distinction between these concepts was introduced; now, a practical distinction will be made. In either situation, these concepts differ.

In the generalised model of comparative advantage, we have identified three situations – cases P, Q and R. Case P does not involve a global division of labour; the solution to the universal problem can be replaced by solutions to multiple local problems. In case R, the discontinuation of all production in some countries is likely, which runs contrary to the expectations related to the emergence of the theory examined. The concept of comparative advantage as understood in definition (14) is also applicable to these two specific situations, but Q turns out to be the most important and most common case. In this case, it is known in advance that each country will produce some goods and will certainly enjoy some comparative advantage.

The pragmatic definition (14) allows the introduction of additional notions, which are related to those defined earlier. Given the optimal solution to the linear programming problem and the variables that satisfy

positivity condition (14), we can calculate the shares of individual countries k in the overall global production of good i

$$u_{ik} = \frac{x_{ik}}{\sum_{k=1}^K x_{ik}}$$

For country k , the goods that correspond to the greatest shares u_{ik} are associated with *primary comparative advantage*. Where the shares appear to be smaller but still significant, we can speak of *secondary comparative advantage*. *Comparative advantage* is primary and secondary advantage taken together.

In order to conduct a more in-depth evaluation of comparative advantage of country k , we should compare vector u_k denoting that country's share in the overall production of individual goods and vector w_k denoting the relationship between technological coefficients. Both vectors have the following form:

$$u_k = (u_{1k}, \dots, u_{Ik})$$

$$w_k = (w_{1k}, \dots, w_{Ik})$$

where

$$w_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^J a_{ijk}}{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J a_{ijk}}$$

If the components of vectors u and w are exactly or approximately proportional, this means that the potential facility of manufacturing various goods has been reflected in the share of global production enjoyed by the country in question. In measuring the degree to which the components of vectors u and w are proportional, their scale ratio divided by the ratio of the lengths of both vectors is useful. This is equal to the cosine of the

angle between the two vectors.³³ The smaller the angle, the more proportional the components of vectors u and w .

In comparing vectors in this manner, we are still conducting a theoretical analysis. We can move away from the theory by replacing vector u constructed on the basis of production plans that result from the optimisation model with a vector that reflects actual production levels. This will make it possible to compare real-life figures with the comparative advantage indicated in the model. A sign that absolute advantage has materialised is that a country's share of global production coincides with the consumption of factors of production that is on average lower when compared to other countries.

Finally, we will offer a terminological and linguistic remark. The adjective *comparative* that has been broadly used in economics after Ricardo is in fact slightly misleading and by no means precise. After all, *comparative means* "in comparison to" or "relative to", while not only *comparative* advantage but also absolute advantage is based on comparisons. Perhaps instead of referring to *absolute* and *comparative advantage* we should refer to *competitive advantage* (associated with domination) and *comparative advantage* (involving no domination). Obviously, it is not worth looking for another term to denote a concept that has taken deep roots in the theory of the global economy, but if we wish to use terms that accurately reflect their essence, one should perhaps speak of advantage that is *relative*, *acquired* or *held* instead of *comparative advantage*. The ambiguous phrase *relatively more efficient* is sometimes used in this context.³⁴ The adjective *revealed*, which also appears appropriate, is reserved for other purposes in international economics; revealed comparative advantage is dealt with further in this work.

³³ I. N. Bronsztejn, K. A. Siemiendajew, *Matematyka. Podręcznik encyklopedyczny*, PWN, Warszawa 1970, p. 650.

³⁴ P. A. Samuelson, W. D. Nordhaus, *op. cit.*, p. 901.

In fact, the name *comparative advantage* appears unfortunate but looking for other names is counterproductive because it could easily result in terminological confusion.

Labour as a Factor of Production in the Theory of Production and Trade

In the generalised theory of comparative advantage, multiple factors of production are taken into account while Ricardo's model only accounts for one. This is labour, which is often measured in terms of time expended. In classical economics, labour was recognised as the key factor of production. Ricardo stated that "in all countries, and all times, profits depend on the quantity of labour requisite to provide necessaries for the labourers".³⁵ Is the assumption that only one factor of production, i.e. labour, is present, still realistic at the beginning of the 21st century?

Company managers must in practice take into account the requirements, stemming from different sources, concerning the length of working time. These requirements stipulate quite precisely the labour resources available to managers for a given number of employees. However, information about the number of hours worked does not go far to explain the functioning of the company, the technologies it uses and its efficiency. The fact that more time was expended does not mean that more work was performed ("get more work done in less time").

In the technological environment prevalent in the pre-industrial era and immediately afterwards, when production methods changed very slowly, the knowledge of the length of time worked made it possible to

³⁵ D. Ricardo, *op. cit.*, p. 10.

determine the volume of goods manufactured in a meaningful way. This is why economists of this period such as Adam Smith, David Ricardo or Karl Marx commonly used this indicator. However, owing to rapid technological change, the correlation between time worked and work productivity decreased dramatically in almost all sectors of the economy in the 20th century. In economic theory, the notion of time worked is no longer used and the principle of comparative advantage has proven to be the exception.

How then should we incorporate in our model and in our system of constraints (6) the availability of finite quantities of factors of production? We need not – and probably should not – introduce labour into this model. Other factors of production should, however, be considered.

As a medium of exchange, money is the equivalent of all goods. Therefore financial constraints may emerge in system (6). Apart from these, constraints are possible that shape the maximum available quantity of factors of production that are expressed in physical units and reflect particularly difficult access to some resources, i.e. the existence of so-called bottlenecks or natural monopolies.

Control over raw material purchases is often a source of natural monopolies. In today's international markets, rare earth metals are an example of an important factor of production with limited access.³⁶ In fact, their supply is rationed. Natural resource nationalism consists of the government

³⁶ This is a group of 17 chemical elements consisting of lanthanides and elements present in the minerals that contain lanthanides. These elements are of considerable importance, since they are necessary for the production of nuclear batteries, lasers, optical amplifiers, high-energy magnetic materials, cell phones and other advanced devices. The greatest resources of rare earths are found in China whose aim is reportedly to control their global trade. Chinese authorities have introduced export quotas and lower them every year. These, however, have not been extended to exports of finished goods that contain rare earth metals. At the same time, the prices of these raw materials are steadily rising. Currently, Chinese supplies cover more than 95 percent of international demand for such products. *Metale ziem rzadkich*, Infos, Biuro Analiz Sejmowych [Analysis Bureau of the Polish Parliament], 12 January 2012.

exercising control over trade in natural resources in connection with the pursuit of purely political objectives. Among the complex economic responsibilities of the state is ensuring energy security for the country understood as security of supply, economic security (affordable prices) and environmental safety.³⁷ There are many limitations on access to factors of production.

Principle of Comparative Advantage and Other Theories of Trade

The principle formulated by David Ricardo was developed in the first half of the 20th century as the factor endowment theory, otherwise known as the Heckscher-Ohlin theorem. This theorem is stated as follows: countries export those goods whose production requires a relatively high use of those factors of production they have in abundance, and they import those goods that require a relatively high amount of those factors that are rare in their area.³⁸ Just as the theory of comparative advantage, this result is presented in the form of a model of the world economy with two countries and two fixed factors of production: capital and labour. According to the Heckscher-Ohlin theorem, countries that have capital resources in abundance will produce capital-intensive goods in greater quantities. On the other hand, countries with sizeable labour resources will focus on the production that uses labour extensively. This conclusion is sometimes extended by pointing out that not

³⁷ M. Wilczyński, *Zmierzch węgla kamiennego w Polsce*, Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2013, p. 78–79.

³⁸ B. Ohlin, *Inter-regional and International Trade*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1933.

only the appropriate resources but also the requisite technical and social infrastructure are necessary in order to produce certain goods.

In order for the thesis of the Heckscher-Ohlin theorem to hold, seven assumptions must be fulfilled:

- in each country, the consumption of goods is determined by identical preferences of buyers,
- manufacturing technology in each country is the same,
- production functions for all goods exhibit the same diminishing returns on the use of a single factor,
- goods vary among themselves with respect to their demand for individual factors,
- the intensity of whose utilisation does not depend on current prices (this rules out a reversal of the intensity of factor consumption),
- perfect competition is present in the goods and factors markets,
- there are no restrictions on trade but the migration of factors is not possible and there are only two factors present in the system examined whose amounts remain fixed, just as there are two goods and two countries.³⁹

Thus the list of assumptions of the Heckscher-Ohlin theorem is quite a long one and it is difficult to consider it to be achieved in practice. In applied economics, the thesis of this theorem is applied to any situation present in the global economy.

However, the theoretical result described above does not explain the emergence of comparative advantage in each case. In 1953, Wassily Leontief demonstrated that U.S. exports did not reveal the expected comparative advantage of that country. Its exports included fewer

³⁹ L. A. Winters, *op. cit.*, p. 31–32.

capital-intensive goods than its imports, contrary to the expectations derived from the factor endowment theory. The explanation of the so-called Leontief paradox, which continues to apply to the U.S. economy after many years, appears to be the widespread use of highly-qualified workers in the production of exported goods, which include many high-technology products. Therefore physical capital expenditures need not be considerable when producing such goods.⁴⁰

Perhaps a modified statement of the factor endowment theory will shed additional light on the Leontief paradox. Exports of goods that exhibit limited capital intensity (low use of capital per unit) where (absolute) capital resources are considerable, should not be considered surprising. The Leontief paradox certainly requires further research.

Let us return to the Heckscher-Ohlin theorem now. The price of a factor of production that is widely used in a country goes up unlike the price of a factor that is utilised in small quantities in that country. On the other hand, the latter factor is heavily consumed in another country while its price goes up there. In this manner, prices of factors of production become equalised and this is what the Heckscher-Ohlin-Samuelson (HOS) theorem posits. We shall not consider the evolution of prices any further but will instead examine the factor endowment theory from the point of view of the generalisation of the principle of comparative advantage.

Does linear programming model (5), (6), (7) and its modifications lead to conclusions that are consistent with the Heckscher-Ohlin theorem? Essentially, they do. If factor of production j is abundant in country k , i.e. parameter b_{jk} is high, this will drive up production x_{jk} . A question, however, concerning the level of technological coefficients a_{ijk} arises. If they are high for the country in question, this will inhibit production a_{ijk} and if they are low, production will grow more readily. Thus two factors

⁴⁰ P. Krugman, R. Wells, *op. cit.*, p. 364.

contribute to maximising production: abundant factor resources and their efficient utilisation.

We will, therefore, put forward a slightly different version of the Heckscher-Ohlin theorem: countries export the goods whose production requires a relatively *efficient* utilisation of the factors they have available in *large* quantities, and import those goods that require the *intensive* utilisation of factors of production available in relatively *small* quantities. We have italicised the pairs of words “efficient” and “large” as well as “intensive” and “small”, none of which are present in the original statement of the Heckscher-Ohlin theorem cited a few paragraphs above.

Let us examine other theories of international trade. Jagdish Bhagwati has stressed that the international division of labour is to a large extent determined by the local culture that is conducive to the development of production of certain goods and the provision of certain services.⁴¹ It is no accident that financial markets are well developed in the United States and in Britain while standardised and repetitive production has thrived in the Far East. The presence of different types of comparative advantage in different countries and companies is determined by the different skills they have acquired. For example, General Motors owes its international position not so much to the inventions of Thomas Edison (who was permanently attached to the company) but rather to the development of management techniques.⁴² There is general agreement that advances in penetrating foreign markets contribute to enhancing the quality of the social and economic institutions that operate in the exporting country.⁴³ Such

⁴¹ J. Bhagwati, *The Pure Theory of International Trade. A Survey*, “The Economic Journal”, 74, 1964.

⁴² J. Kay, *The Truth about the Markets. Why Some Nations are Rich but Most Remain Poor*, Penguin, London 2004, p. 70–71.

⁴³ *Przemiany we współczesnej gospodarce światowej*, E. Oziewicz (ed.), PWE, Warszawa 2006, p. 35–37.

statements can be understood as an alternative to the theory of comparative advantage but also as a contribution towards explaining the factors that determine the presence of such advantage in various countries and regions.⁴⁴

The developments that took place with respect to trade in the second half of the 20th century have to a large extent contradicted the explanations provided by Heckscher, Ohlin and Bhagwati. Intra-industry trade developed, which consists of the simultaneous exports and imports of very similar goods by a single country. Older theories of trade were unable to explain this phenomenon convincingly. Why exports and imports of many countries include cars, clothing, household goods and beverages that are just different brands of goods with similar functional characteristics?

In the new trade theory, the following factors have been identified as determinants of international trade: the preference for diversity among consumers, the push to achieve economies of scale and, to a lesser extent, the costs of transporting goods. Suppliers compete with one another, producing goods with different functional characteristics that are tailored to the needs and expectations of different groups of buyers. The increase in production volume, which often requires the penetration of foreign markets, leads to a decrease in the unit cost of goods. Trade flows are determined by two opposing forces: economies of scale, which are amplified by the consumers' preference for diversity, and by transport costs. Since the latter exhibit is a downward trend, they impede trade to an ever smaller degree. Under these conditions, economies of scale favour the concentration of production in a small number of locations around the world.⁴⁵

⁴⁴ J. Health, *Economics without Illusions. Debunking the Myths of Modern Capitalism*, Broadway Books, New York 2010, p. 111.

⁴⁵ P. Krugman, *Increasing Returns, Monopolistic Competition and International Trade*, "Journal of International Economics", 1979.

The three aforementioned factors contribute to the distribution of available resources of factors of production, including capital and labour, between countries and regions. Consumers (who are employees at the same time) attempt to settle in places where population density is already high and higher real wages can be expected owing to the emergence of economies of scale. The distribution of capital is also determined by the dominance of economies of scale over the cost of transporting goods, which results in increased population density and even in the development of huge urban agglomerations.

At this point, the notion of the home-market effect comes into play. Both factors that are important for international trade, i.e. economies of scale and low transport costs, encourage producers to situate their manufacturing plants close to large markets. The emergence of considerable production potential in a single location and the subsequent need for its greater utilisation lead to expansion into foreign markets.

Is the new trade theory consistent with the principle of comparative advantage in its generalised form? The answer is partially yes. Low technological coefficients a_{ijk} are conducive to production being located in the country in question, but this phenomenon cannot be identified with economies of scale in any way. The use of linear functions with low coefficients as constraints (6) facilitates the minimisation of production costs. When we speak of economies of scale, costs only become low after a high level of production has been achieved.

The discussion on the principle of comparative advantage leads to a search for ways of achieving economic development and in particular to assessments of free trade. To what extent does it support GDP growth and the overall development of a country? There are many positions on this issue. There are reasons to believe that free international trade is not necessarily conducive to a very high GDP growth, but in the long term

it is a determinant of development processes.⁴⁶ An extreme position that free trade is by no means a driver of economic development has been put forward by Ha-Joon Chang.⁴⁷

The international division of labour entails changes in the economic structure of all countries, also with respect to the labour market. These changes are durable, entailing social consequences, and are, therefore, subject to criticism, which, to some extent, undermines the utility of the principle of comparative advantage. Paul Samuelson has even noted that “Everything that promotes globalization does not automatically benefit everyone. That is the reality of Ricardo’s comparative cost advantage today”).⁴⁸

Such statements are nothing new. The principle of comparative advantage results in production being maximised globally, which is not the same as the maximisation of production in every country and region. Within the framework of the generalised model, our analysis of the linear programming problem indicates a threat that the production of some goods will be concentrated in certain countries and some goods will not be produced at all. We dubbed this scenario case R.

The level of trade between two countries i and j that affects the structure of production is explained by the gravity model of trade, which is fundamentally different from Ricardian reasoning. Trade volume is described by an equation similar to the one that describes universal gravitation in physics:

$$(15) \quad T_{ij} = G \frac{M_i M_j}{D_{ij}},$$

⁴⁶ L. J. Jasiński, *Konsensus waszyngtoński jako formuła rozwoju gospodarczego*, “Studia Ekonomiczne” 4, 2006.

⁴⁷ Ha-Joon Chang, *Bad Samaritans: The Myth of Free Trade and the Secret History of Capitalism*, Bloomsbury Press, New York 2008.

⁴⁸ P. Samuelson, *The Market Has No Heart*, interview for “Der Spiegel” 38, 2005, >><http://www.indymedia.org.uk/en/regions/world/2005/10/325444.html><<.

Where T_{ij} is the volume of trade, G is a constant that must be estimated, M_m is the “economic mass” of country m (gross domestic product, population) and D_{ij} is the distance between country i and country j . Equation (15) is frequently transformed into an econometric model.⁴⁹ The generalised measure of economic gravity is expressed as the potential force of mutual “attraction” between multiple economic operators (countries or regions). Similarly as in the econometric model, estimates have to be made on the basis of statistical data. A variant of gravity models are regional integration indices, which are constructed as combinations of sub-indices that illustrate various characteristics of the areas analysed.⁵⁰

Production and Foreign Trade Model

The model of comparative advantage illustrates the international division of labour in the production of goods. This is not a model of foreign trade, although it is rightly believed that it explains the gains from trade and also why autarchic tendencies are harmful. This model makes it possible to state who should focus on what, i.e. who should produce what goods in the global economy. It does not predetermine the internal needs of individual countries or how many goods they are able to export.

For these reasons, it is not a model that directly illustrates foreign trade but rather a model of the international distribution of production and the structure of export potential. Geographical directions of trade, the level of prices in the global economy and individual countries’ terms

⁴⁹ S. Brakman, H. Garretsen, C. van Marrewijk, A. van Witteloostuijn, *op. cit.*, p. 129.

⁵⁰ Heungchong Kim, Minhee Kim, Jehoon Park et al., *An Exploration of an Integration Index and its Application for Asian Regional Community*, Korea Institute for International Economic Policy, Seoul 2009.

of trade follow only indirectly from this model. A tacit, simplifying assumption of the model is a limitless domestic and import demand.

It is, however, feasible to supplement the mathematical picture of international production with that of foreign trade. To this end, we will extend model (5)–(7) to include direct international trade. Let d_{ik} be the demand for good i in country k and y_{imn} be the flow of good i from country m to country n , $i=1, \dots, I$; $m, n=1, \dots, K$. The phenomenon of the movement of goods from producers to buyers is illustrated by two groups of equations: (16) and (17)

$$(16) \quad \sum_{n=1}^K y_{imn} = x_{im}, \quad i = 1, \dots, I; m = 1, \dots, K,$$

$$(17) \quad \sum_{m=1}^K y_{imn} = d_{in}, \quad i = 1, \dots, I; n = 1, \dots, K.$$

Equation (16) illustrates the distribution of good i produced in country m ; this occurs as a result of some goods being exported and some being left in their country of manufacture. Equation (17), in turn, describes the inflow to country n of good i produced at different locations worldwide, including in the territory of the country in question.

Equations (16) and (17) must be combined with the initial model of the international division of labour, i.e. the linear programming problem in each of the three versions (P, Q and R). In this manner, we obtain appropriately extended problem P (5), (6), (7), (16) and (17) where we expect the complete distribution of factors of production among different countries, then extended problem Q (5), (7), (8), (9), (16) and (17) where some factors have been distributed and access to the remaining factors is universal, and finally extended problem R (5), (7), (9), (16) and (17) with unlimited access to all factors. In these three problems, the values of x_{im} are fixed beforehand and the values of y_{imn} should be considered

additional variables. Variables x_{im} concern production plans for individual goods in individual countries, while variables y_{imn} illustrate the trade flows of goods that are transported from one country to another.

In the discussion of version R of the model of division of labour (5), (7), (9), in which no resources of factors of production are present that would be used exclusively by individual countries, we stated that in this version it is possible for goods to be produced only by certain operators within the world economy. Where this model is supplemented by international trade (5), (7), (9), (16) and (17), a question emerges about the ability of those countries that do not produce and do not export anything to finance foreign purchases. In the long run, this situation is unsustainable and thus additional transformations have to be introduced into the model. However, each modelling process must stop at some point and this is the particular point in question for our model. A safeguard against this inconvenient scenario is to leave at least a small pool of factors of production at the exclusive disposal of each individual country in the world, i.e. to select case Q. The globalisation of the world economy should not rule out such a possibility and this is probably not the case here.

Example Applications of the Generalised Rule of Comparative Advantage

We will begin by discussing the data required for the construction of several examples of linear programming problems that illustrate our reasoning. The system of constraints (8) and (9) can be written in a compact form as follows:

$$Ax \leq b, x \geq 0,$$

where A is a matrix of technological coefficients a_{ijk} , x is the vector of production plans x_{ik} and b is the vector of resources of factors of production b_{jk} . Our model is an I by J by K one and in case Q , the set of factor resources includes two parts. We have a total of $J \times K + (J - J')$ constraints where J' is the number of factors of production distributed among all countries. There are $I \times K$ variables.

Objective function (5) can be briefly stated as

$$ux \rightarrow \max$$

where u is a unit vector.

We also have coefficient matrix A whose elements are triple indexed. Subsequent rows are associated with factors of production, subsequent columns with countries and individual goods are distinguished within column groups. Resources of factors of production are denoted with symbols C_1, C_2 , etc., countries with symbols K_1, K_2 , etc., and goods with symbols T_1, T_2 , etc. Thus we have the following matrix A :

	K ₁				K ₂				K ₃			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
C ₁												
C ₂												
C ₃												
C ₄												

After transposition, x and b vectors are as follows:

K ₁				K ₂				K ₃			
T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
C ₁	C ₂	C ₃	C ₄								

The first numerical example will illustrate model (5), (7), (8), (9), i.e. the case we refer to as Q. In this case, it is assumed that some factors of production are distributed among the countries, while the remaining portion is available to all operators in the world market. The remaining two cases (P and R) where all factors are distributed among countries and all factors are universally accessible can be illustrated by modifying the initial example.

Numerical Example II. We consider case Q. We have four goods $I=4$, two factors of production $J=2$ and three countries $K=3$. Thus we have:

$$(18) \quad I=4, J=2, J'=1, K=3,$$

i.e. one factor of production is a resource available to all potential producers.

Table 9 includes the technological coefficients that describe the utilisation of factor 1 in the production of individual goods in different countries. In order to produce a unit of good 1 in country 1, 8 units of this factor are required; in country 2, 10 units are required and in country 3, 12 units are required. Factor 1 has been distributed among countries in the manner shown in the last row of Table 5. Table 10 includes the coefficients of factor 2 utilisation in the production of individual goods in different countries. There is a universally available resource of this factor. The coefficients have been selected so that it can be stated in general terms that country 1 is the most effective, country 2 less effective and country 3 the least effective.

Table 9. Technological coefficients for the factor distributed among the countries

Factor of production 1	Country 1	Country 2	Country 3
Good 1	8	10	12
Good 2	4	5	7
Good 3	5	7	8
Good 4	2	4	5
Resource in the country in question	800	700	600

Table 10. Technological coefficients for the universally available factor

Factor of production 2	Country 1	Country 2	Country 3	World
Good 1	2	3	5	-
Good 2	3	4	6	-
Good 3	1	2	7	-
Good 4	2	3	6	-
Global resource	0	0	0	1000

As a consequence, technological coefficient matrix and resource vector have the following forms after transposition:

8	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	10	5	7	4	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	12	7	8	5
2	3	1	2	3	4	2	3	5	6	7	6

800	700	600	1000
-----	-----	-----	------

The objective function is a vector of ones.

The relevant linear programming problem is as follows: maximise function

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43}$$

subject to constraints

$$8x_{11} + 4x_{21} + 5x_{31} + 2x_{41} = 800$$

$$10x_{12} + 5x_{22} + 7x_{32} + 4x_{42} = 700$$

$$12x_{13} + 7x_{23} + 8x_{33} + 5x_{43} = 600$$

$$2x_{11} + 3x_{21} + x_{31} + 2x_{41} + 3x_{12} + 4x_{22} + 2x_{32} + 3x_{42} + 5x_{13} + 6x_{23} + 7x_{33} + 6x_{43} = 1000$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ for } i=1, \dots, 4; k=1, 2, 3.$$

The optimal solution is as follows, we omit variables equal to zero

$$x_{31} = 62,5; \quad x_{41} = 243,75; \quad x_{32} = 100; \quad x_{13} = 50.$$

The maximal value of the objective function is 456,25.⁵¹

On the basis of the optimal solution determined we can state that country 1 will produce goods 3 and 4, country 2 will produce good 3 and country 3 will produce good 1. This reflects the comparative advantage of individual countries. In other words, good 1 is to be produced in country 3, good 3 in countries 1 and 2 and good 4 in country 1. In the name of maximising global production, good 2 will not be produced at all. The results obtained are shown in Table 11.

Table 11. Comparative advantage of individual countries

Countries	Comparative advantage
Country 1	Good 3 and good 4
Country 2	Good 3
Country 3	Good 1

And what about the absolute advantage of individual countries according to (13)? To obtain that result, the relevant technological coefficients have to be summed up, which has been done in Table 12.

Table 12. Absolute advantage of individual countries

Countries / Goods	Good 1	Good 2	Good 3	Good 4	Absolute advantage
Country 1	8+2	4+3	5+1	2+2	Goods 1, 2, 3, 4
Country 2	10+3	5+4	7+2	4+3	None
Country 3	12+5	7+6	8+7	5+6	None

As we can see, absolute and comparative advantage do not coincide.

Numerical Example III. This will be a larger example than the previous one. We have four goods $I=4$, and four countries, $K=4$. We have

⁵¹ The author would like to thank dr inż. Krzysztof Adamiec for assistance in calculations.

four resources of factors that are located in each of the four countries and also three resources of factors that are available to all. This means that the linear programming problem will involve 16 variables and 7 constraints. Unlike in the previous problem, constraints are formulated as weak inequalities rather than equations. We consider case Q again.

The linear programming problem is as follows: maximise function

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44}$$

subject to constraints

$$6x_{11} + 7x_{21} + x_{31} + 3x_{41} \leq 600$$

$$8x_{12} + 4x_{22} + 2x_{32} + 4x_{42} \leq 600$$

$$9x_{13} + 5x_{23} + x_{33} + 6x_{43} \leq 600$$

$$8x_{14} + 7x_{24} + 3x_{34} + 6x_{44} \leq 600$$

$$7x_{11} + 6x_{21} + 2x_{31} + 3x_{41} + 8x_{12} + 6x_{22} + 5x_{32} + x_{42} + 2x_{13} + 3x_{23} + 9x_{33} + 7x_{43} + 6x_{14} + 10x_{24} + 2x_{34} + 8x_{44} \leq 5000$$

$$5x_{11} + 6x_{21} + x_{31} + 4x_{41} + 9x_{12} + 7x_{22} + 4x_{32} + 2x_{42} + 3x_{13} + 4x_{23} + 8x_{33} + 7x_{43} + 7x_{14} + 9x_{24} + 3x_{34} + 7x_{44} \leq 5000$$

$$6x_{11} + 5x_{21} + x_{31} + 3x_{41} + 8x_{12} + 6x_{22} + 3x_{32} + x_{42} + 4x_{13} + 3x_{23} + 9x_{33} + 6x_{43} + 8x_{14} + 8x_{24} + 2x_{34} + 6x_{44} \leq 5000$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ for } i=1, \dots, 4; k=1, \dots, 4.$$

The optimal solution is (only positive variables)

$$x_{31} = 600, x_{32} = 300, x_{23} = 80,159, x_{33} = 199,206, x_{34} = 133,333$$

This means that the best distribution of the production of goods from the point of view of maximising global production is as follows: country 1 focuses on the production of good 3, country 2 also on good 3, country 3

limits itself to goods 2 and 3 and finally country 4 produces good 3. Comparative advantage is shown in Table 13.

Table 13. Comparative advantage of individual countries

Countries	Comparative advantage
Country 1	Good 3
Country 2	Good 3
Country 3	Good 2 and Good 3
Country 4	Good 3

Table 14 shows the absolute advantage of individual countries.

Table 14. Absolute advantage of individual countries

Countries / Goods	Good 1	Good 2	Good 3	Good 4	Absolute advantage
Country 1	6+7+5+6	8+8+9+8	9+2+3+4	8+6+7+8	None
Country 2	7+6+6+5	4+6+7+6	5+3+4+3	7+10+9+8	Good 3
Country 3	1+2+1+1	2+5+4+3	1+9+8+9	3+9+8+9	Good 1
Country 4	3+3+4+3	4+1+2+1	6+7+7+6	5+7+7+6	Goods 2 and 4

Similarly as in the previous example, absolute and comparative advantage clearly do not coincide.

Numerical Example IV. This illustrates case R, i.e. model (5), (7), (9), (16) and (17) with universal access to all factors of production.

We have three goods $I=3$, two factors $J=2$ and three countries $K=3$. The linear programming problem will involve 2 constraints and 9 variables. Table 15 includes the technological coefficients that describe the utilisation of factors 1 and 2 required in the production of individual goods in different countries. Global volumes of both factor resources have also been stated.

Table 15. Consumption coefficients and resources of factors of production

	Factor 1			Factor 2		
	Country 1	Country 2	Country 3	Country 1	Country 2	Country 3
Good 1	8	10	12	1	2	4
Good 2	4	5	7	3	3	8
Good 3	1	7	8	5	2	4
Global factor resources	800			700		

The relevant linear programming problem is as follows: maximise function

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{13} + x_{23} + x_{33}$$

subject to constraints

$$8x_{11} + 4x_{21} + x_{31} + 10x_{12} + 5x_{22} + 7x_{32} + 12x_{13} + 7x_{23} + 8x_{33} \leq 800$$

$$x_{11} + 3x_{21} + 5x_{31} + 2x_{12} + 3x_{22} + 2x_{32} + 4x_{13} + 8x_{23} + 4x_{33} \leq 700$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ for } i=1, \dots, 3; k=1, \dots, 3.$$

9 optimal variables in the optimal solution are

$$x_{11} = 700, \quad x_{13} = 800,$$

the remaining variables equal zero. This means that the largest aggregate production will be achieved where only country 1 produces the goods. The production plan in that country will include two goods: 1 (700 units) and 3 (800 units). Countries 2 and 3 should not produce anything, i.e. forgo the use of the universally available pool of factor resources. Moreover, good 2 should disappear from factories, warehouses and shops.

Numerical Example V. This will be model (5), (6), (7) for case P. It is based on the assumption that all factors of production are distributed among different countries.

We have three goods $I=3$, two factors of production $J=2$ and three countries $K=3$. The linear programming problem will involve 6 constraints and 9

variables. Table 16 includes the technological coefficients that describe the utilisation of factors 1 and 2 in the production of individual goods in the three countries. Local volumes of both factor resources have also been stated.

Table 16. Consumption coefficients and resources of factors of production

	Factor 1			Factor 2		
	Country 1	Country 2	Country 3	Country 1	Country 2	Country 3
Good 1	3	2	3	8	5	4
Good 2	4	2	5	10	5	8
Good 3	5	5	10	15	10	10
Factor resources	300	400	200	400	500	600

As we have already stated, problem (5), (6), (7) can be decomposed into K smaller problems (10), (11), (12). Input data for the three separate problems generated in this manner are shown in Tables 17, 18 and 19.

Table 17. Consumption coefficients and resources of factors of production - country 1

	Factor 1	Factor 2
Good 1	3	8
Good 2	2	5
Good 3	3	4
Factor resources	300	400

Table 18. Consumption coefficients and resources of factors of production - country 2

	Factor 1	Factor 2
Good 1	4	10
Good 2	2	5
Good 3	5	8
Factor resources	200	400

Table 19. Consumption coefficients and resources of factors of production - country 3

	Factor 1	Factor 2
Good 1	5	15
Good 2	5	10
Good 3	10	10
Factor resources	500	600

The initial mathematical model is as follows: we are looking for the maximum of function

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{13} + x_{23} + x_{33}$$

subject to

$$3x_{11} + 4x_{21} + 5x_{31} \leq 300$$

$$2x_{12} + 2x_{22} + 5x_{32} \leq 400$$

$$3x_{13} + 5x_{23} + 10x_{33} \leq 200$$

$$8x_{11} + 10x_{21} + 15x_{31} \leq 400$$

$$5x_{12} + 5x_{22} + 10x_{32} \leq 500$$

$$4x_{13} + 8x_{23} + 10x_{33} \leq 600$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ for } i=1,2,3; k=1,2,3.$$

Instead of the first problem we have 3 smaller problems, as follows:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} \rightarrow \max$$

$$3x_{11} + 4x_{21} + 5x_{31} \leq 300$$

$$8x_{11} + 10x_{21} + 15x_{31} \leq 400$$

$$x_{i1} \geq 0, \text{ for } i=1,2,3.$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} \rightarrow \max$$

$$2x_{12} + 2x_{22} + 5x_{32} \leq 400$$

$$5x_{12} + 5x_{22} + 10x_{32} \leq 500$$

$$x_{i2} \geq 0, \text{ for } i=1, \dots, 3.$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} \rightarrow \max$$

$$3x_{13} + 5x_{23} + 10x_{33} \leq 200$$

$$4x_{13} + 8x_{23} + 10x_{33} \leq 600$$

$$x_{i3} \geq 0, \text{ for } i=1, \dots, 3.$$

The optimal solution (positive values only) is

$$x_{13} = 100; x_{22} = \frac{400}{9} \approx 44,4; x_{23} = \frac{200}{9} \approx 22,2; x_{32} = 20; x_{33} = 40.$$

This means that country 1 only produces good 3, country 2 produces goods 2 and 3, and country 3 produces goods 2 and 3. The goods will be produced in the global economy in the following quantities: 100, 64.4 and 62.2.

How does comparative advantage look in this case? As we know, in case P each country produces something, as demonstrated by Table 20.

Table 20. Comparative advantage of individual countries

Countries	Comparative advantage
Country 1	Good 3
Country 2	Goods 2 and 3
Country 3	Goods 2 and 3

Table 21 presents absolute advantage:

Table 21. Absolute advantage of individual countries

Countries / Goods	Good 1	Good 2	Good 3	Absolute advantage
Country 1	3+8	2+5	3+4	Goods 1, 2 and 3
Country 2	4+10	2+5	5+8	Good 2
Country 3	5+15	5+10	10+10	None

An absolute advantage in the production of good 2 is enjoyed by the two countries denoted as 1 and 2. Country 3 does not enjoy an absolute advantage in the production of any goods, although it enjoys a comparative advantage in the production of goods 2 and 3.

Numerical Example VI. We will return to example I from the beginning of the paper and will now present it as a linear programming problem. This will be model (5), (6), (7) for case P.

There are two goods $I=2$, one factor of production $J=1$ and two countries $K=2$. Shirts are now good 1 and computers – good 2, country A is country 1 and country B is country 2. The resource of the sole factor of production, which is labour, has been distributed between the two countries. The linear programming problem will involve 2 constraints and 4 variables. This simple problem can be replaced by two smaller ones with one constraint and two variables. The required figures are shown in Table 22. The technological coefficients that reflect the consumption of the factor of production per unit of good produced are inverses of the productivity measures shown in Table 2.

Table 22. Consumption coefficients and resources of the factor of production

	Country A (country 1)		Country B (country 2)	
	Shirts	Computers	Shirts	Computers
Coefficients	1/6	1/4	1	1/2
Labour resource	4		12	

The optimisation problem is as follows:

$$x_{11} + x_{21} + x_{12} + x_{22} \rightarrow \max$$

$$\frac{1}{6} x_{11} + \frac{1}{4} x_{21} \leq 4$$

$$x_{12} + \frac{1}{2} x_{22} \leq 12$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ for } i=1,2; k=1,2.$$

Only 2 variables in the optimal solution are positive

$$x_{11} = 24, \quad x_{22} = 24,$$

Good 1 (shirts) is produced by country 1 (country A), which produces 24 units, and good 2 (computers) is produced by country 2 (country B), which also produces 24 units. The same result was obtained at the beginning of the paper and it appeared in Table 3.

Numerical Example VII. We will analyse example I again. Unlike in example V, we will assume that the entire resource of working time has been pooled and has become available for both countries. We still have two goods $I=2$, one factor of production $J=1$ and two countries $K=2$. The linear programming problem will involve 4 variables and 1 constraint (and not 2 constraints as before). Input figures are shown in Table 23.

Table 23. Consumption coefficients and resources of the factor of production

	Country A (country 1)	Country B (country 2)
Shirts (good 1)	1/6	1
Computers (good 2)	1/4	1/2
Global factor resources	16	

The linear programming problem is as follows:

$$x_{11} + x_{21} + x_{12} + x_{22} \rightarrow \max$$

$$\frac{1}{6} x_{11} + \frac{1}{4} x_{21} + x_{12} + \frac{1}{2} x_{22} \leq 16$$

$$x_{ik} \geq 0, \text{ for } i=1,2; k=1,2.$$

Optimal positive values are

$$x_{11} = 96$$

After the conditions have changed, production needs to be limited to 96 units of good 1 (shirts) in country 1 (country A). Nothing more needs to be done as this apparently curtailed production programme is sufficient to maximise global production.

Revealed Comparative Advantage

In international economics, a concept has been developed that is related to the ones discussed in this paper, namely revealed comparative advantage (RCA).⁵² Do our findings have any theoretical or practical implications for analyses conducted on the basis of this concept?

Revealed comparative advantage is a measure used for evaluating the international position of a country with respect to global trade in a certain good. More precisely, the revealed comparative advantage (RCA) measure reflects the intensity of a given country's trade in the good in question against the average importance of that good for the entire global trade.

Following B. Balassa, the RCA measure can be defined as follows:

$$RCA = \frac{E_{ki}}{E_{kK}} : \frac{E_{li}}{E_{lK}}$$

where E in each of the four terms means exports, while the subscripts k , i , K and I concern the type of exports and denote respectively the country in question, the good in question, all goods that serve as a reference in the analysis and all countries that serve as a reference. In accordance

⁵² B. Balassa, *Trade Liberalisation and the Revealed Comparative Advantage*, "The Manchester School", 33, 1965.

with the previous nomenclature, subscript K is the number of the set of countries $\{1, \dots, K\}$, and I is the number of the set of goods $\{1, \dots, I\}$.

If the following inequality obtains

$$RCA > 1,$$

we can state that comparative advantage has been revealed in the case of good i and country k (revealed comparative advantage has emerged).

Statistical data on global trade transactions serve as the basis for determining the RCA measure. This is a typical statistical measure; the notion of revealed comparative advantage (with an additional adjective) is used for empirical economic research purposes. On the other hand, comparative advantage (without an additional adjective) is a concept in economic theory.

Differences in the manner in which comparative advantage is defined, which result from using linear programming for this purpose, are irrelevant from the point of view of understanding and determining revealed comparative advantage.

The Principle of Comparative Advantage in the Light of Ethical Expectations and Intuition

In international economics, the principle of comparative advantage is seen as the right way to regulate the international division of labour and global trade.⁵³ D. Salvatore mentions one exception where the law

⁵³ The theory of comparative advantage is optimistic in its message unlike Ricardian economic thought in general (Ricardo was pessimistic about the development prospects of large social groups). R. L. Heilbroner, *Wielcy ekonomiści. Czasy, życie, idee* [*The Worldly Philosophers: The Lives, Times and Ideas of the Great Economic Thinkers*], PWE, Warszawa 1993, p. 72.

of comparative advantage no longer holds: this is where the advantage of one country over another is exactly the same for both goods.⁵⁴ Above, we have concluded that it is a general principle that governs the global division of labour and the development of the countries' export potential rather than an explanation of how the current geographic structure of the cross-border flow of goods came to be, regardless of whether we consider it beneficial or harmful. How, therefore, should we assess this principle from an ethical perspective?

In discussions on the functioning of the global economy, the concept of fair trade recurs. Fair trade means trade consistent with certain principles as opposed to trade conducted with no respect for ethical standards.⁵⁵ Is fair trade compatible with trade based on the principle of comparative advantage?

The most important factor that makes it difficult to answer this question is that the notion of fair trade has not been made entirely precise. It is supposed to mean international exchange conducted in almost every case on terms that are mutually beneficial, i.e. to enable both parties to the transaction to obtain a fair income, maintain a viable position in the global market and to observe social and environmental standards. These demands are open to interpretation and in fact to some extent, mutually exclusive.

Three views have in particular been voiced that question the beneficial effects of free trade founded on the principle of comparative advantage. It is claimed that such trade is only profitable for those countries that are internationally competitive and that this kind of trade, when conducted with low-wage countries, harms the workers from countries with much higher wages; it is also claimed that it results in the exploitation

⁵⁴ D. Salvatore, *International Economics*, Wiley, New York 2007, p. 40.

⁵⁵ L. J. Jasiński, *Ekonomia i etyka*, WAM, Kraków 2012, p. 25–29.

of low-wage countries.⁵⁶ Although not mutually compatible, these views have been voiced in parallel. A broader discussion of these three positions, which are only partly justified, is beyond the scope of this work. We will only offer a few comments here.

Many of today's actions in support of fair trade are echoes of the New International Economic Order programme formulated in the early 1970s.⁵⁷ This stated that global terms of trade (the relationship between the prices paid for exports and imports) should be improved in favour of the poorer South, economic aid should increase and easier access should be afforded to richer northern markets. Developing countries attempted to form associations that would trade in commodities and agricultural produce along the lines of the Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC). This programme, however, was incompatible with the free trade formula.

Accusations that fair trade rules are not observed were also levelled at the beginning of the 21st century, especially in highly developed countries. An important reason for such criticism was because of the considerable differences in production costs in different locations around the world. Convergence of labour costs is presented as a desirable phenomenon that creates the right conditions for competition. In this ideal case only, conditions would be created for the convergence of prices between different countries, but this would make foreign trade pointless. Therefore in practice the convergence of production costs is unrealistic and should not be presented as theoretically beneficial.⁵⁸

⁵⁶ P. R. Krugman, M. Obstfeld, *op. cit.*, p. 23–24.

⁵⁷ *New International Economic Order: The North–South Debate*, J. Bhagwati (ed.), MIT Press, Cambridge, Mass. 1977.

⁵⁸ *Economics. Making Sense of the Modern Economy*, The Economist, London 1999, p. 27.

Does the absence of fair trade equal exploitation? Justice and exploitation are not economic but rather ethical notions. The former means the equivalence of performances between individuals or the satisfactory distribution of the goods produced and the related charges; this is so-called commutative justice. Exploitation occurs when one operator treats another operator in an unfair or unjust manner. The purpose of such behaviour is to increase one's own benefits without regard to the other party's situation.⁵⁹

In practice, it is easy to notice the disappearance of existing jobs as a result of foreign trade but much harder to observe the creation of new jobs and new employment opportunities.⁶⁰ Such asymmetry in the observation of phenomena, which is reflected in the assessment of the rules that govern the world economy, is largely caused by psychological determinants.

So-called market failures are put forward as justification for fair trade and a shift away from free trade built on the principle of comparative advantage. These are cases where market mechanisms fail, resulting in e.g. monopolies, externalities and information asymmetry. The introduction of trade policy tools in order to prevent the effects of market failure only work up to a certain point.⁶¹

In general, neither the principle of comparative advantage nor trade that is referred to as fair can ensure justice or eliminate exploitation. This comment refers to trade as seen in the light of the principle of comparative advantage in both its original and generalised versions. The processes of resource allocation and the regulation of production and trade may

⁵⁹ V.V. Claar, "Sprawiedliwy" handel? Czy Fair trade rzeczywiście zwalcza problem ubóstwa? [*Fair Trade? Its Prospects as a Poverty Solution*], Prohibita, Warszawa 2011.

⁶⁰ J. Bhagwati, *Wolny handel dziś. Ekonomiczne idee na nowe Millenium* [*Free Trade Today*], CeDeWu, Warszawa 2003, p. 11.

⁶¹ J. Bhagwati, *op. cit.*, p. 31–35. N. Acocella, *Zasady polityki gospodarczej* [*The foundations of economic policy*], PWN, Warszawa 2002, p. 481.

in practice require supplementary measures that prevent the effects of market failure. However, if they are to be effective, such measures should not be implemented too frequently. A similar approach should be adopted with respect to the international division of labour and the application of trade policy instruments. One thing that can be stated here is that if every operator in the world economy were to focus on its comparative advantage, everyone would be better off.⁶² Improving one's situation through foreign trade need not be identified with achieving the ideal position, or resolving all challenges and problems and fully meeting the expectations of all operators.

When asked by the mathematician Stanislaw Ulam which law of the social sciences was the most counterintuitive, Paul Samuelson pointed to the principle of comparative advantage. The specialisation of production described by this law is intuitively perceived as less justified than producing only those goods where the operator in question outperforms others. The principle of absolute advantage is much more convincing than the principle of comparative advantage. Our simple numerical examples and optimal solutions point to a clear discrepancy between both types of advantage.

Abraham Lincoln argued against purchasing rails in England. He believed that it would be better for the Americans to have both rails and money than for the Americans to have rails and the English – the money.⁶³ Owing to the widespread acceptance of the principle of comparative advantage, this logic is no longer compatible with the modern international economy.

⁶² P. A. Samuelson, W. D. Nordhaus, *op. cit.*, p. 904.

⁶³ C. Wheelan, *Naked Economics*, Norton, New York 2010, p. 273.

Conclusions

The introduction of linear programming into the theory of comparative advantage makes it possible to overcome the difficulties of definition that often emerge after we depart from the assumption (common in economic theory) that only two goods and two producers are present in the global economy. In this manner, we can arrive at findings that change to a certain extent the interpretation of the economic principle put forward by David Ricardo. The change in definition is of practical importance because it makes it easier to distinguish cases of comparative advantage from those of absolute advantage in international markets.

A model of the world economy based on the principle of comparative advantage describes the geographical distribution of global production. This description fits both versions of the model – the traditional and the generalised one, which uses linear programming. In both cases, we obtain a picture of the international division of labour and the structure of the individual countries' export potential as well as learning about their import needs indirectly.

In its traditional version, the model does not reflect international trade in goods. The situation is different where the model is generalised and linear programming is employed – this makes it possible to supplement the analysis of production with data on the geographical structure of trade and on the goods traded by individual countries.

The description of the principle of comparative advantage in the global economy that is available in the literature, which includes two goods, one factor of production and two countries, is a precise one. A departure from the assumption that only a small number of figures are included in the model and an extension of the analysis to cover multiple goods, factors and countries occurs at the expense of a less precise

result. This raises the question of how this principle should be interpreted in the general case and what it actually is in such a case, since it cannot be expressed clearly in a concrete form. The absence of a clear theoretical analysis, hinders the study of concrete facts. In particular, there is no clear answer to the question as to whether the strengths of a particular country, group of countries or regions in the international arena reflect an absolute or comparative advantage. The reformulation of the Ricardian principle using linear programming not only makes it possible to describe a case with any number of goods, countries and resources of factors of production, but also makes analyses more precise and less ambiguous.

The theory of comparative advantage states that the international division of labour can be profitable even where one country produces all the goods cheaper than other countries while another country exhibits production costs for all goods that are higher than those of its partners. Therefore any operator in the global economy can find its place in the global production system. This basic statement was present in the theory of comparative advantage as formulated by Ricardo and is preserved in the theory that uses linear programming. Moreover, it is precisely the introduction of this modification that makes it possible to determine the conditions under which this fundamental demand is met and the circumstances when this is uncertain.

We have distinguished three cases in our model of the international division of labour that uses linear programming. Case P consists of the distribution of all factors of production between individual countries, case Q consists of the distribution of some factors of production between countries and universal access to the remaining factors, while case R consists of universal access to all factors. The choice of the optimal

production plan is different for each case and the principle of comparative advantage manifests itself in a different way each time.

In practice, the second case (Q) is by far the most important, since it is the most commonly used. The 2×2 model derived from Ricardo's work illustrates the first case (P). In the first case (where all factors of production are distributed between individual countries), maximising global production comes down to independently maximising production in individual countries. In the third case (universal access to all factors), rivalry emerges between individual countries for a satisfactory share of the overall pool of factors. In the latter case, the production of multiple goods may be concentrated in just a few countries or even in a single country in the name of increasing global production. This means that nothing should be produced in some parts of the world, which is a departure from the principle that each operator should be present in the global economy. It is also possible that the production of certain goods will cease altogether, freeing up resources for the production of other goods, which will better serve the objective of maximising global production. Thus in case P, the internationalisation of production is limited and in case R, white spots may appear on the economic map of the world.

In the second case (Q), which assumes the distribution of some factors between countries and universal access to the remaining factors, each country will produce something because it must use the resources it owns exclusively. This will add to the overall production. The common pool of resources (in this case including only some of them) will be distributed among countries just as in the third case (R). As already stated, case Q illustrates by far the most common situation in the global economy. A generalised model of the international division of labour

confirms the proposition that each country or region has an opportunity to participate in the global production system.

The conclusions of our analysis also shed light on the Heckscher-Ohlin theorem. This theoretical result, when combined with linear programming methods, calls for a slightly altered formulation of the factor endowment theory. Countries export those goods whose production requires a relatively efficient use of factors that are available in their territory in large quantities. On the other hand, they import those goods whose production requires large quantities of factors that are rare in their territory.

About the Author

Professor Doctor Habilitatus Leszek Jasiński is an employee of the Faculty of Administration and Social Sciences of the Warsaw University of Technical and of the Natolin European Centre. From 2005 to 2013 he was the director of the Institute of Economics of the Polish Academy of Sciences. In 1990s he worked in the Office of the Government's Plenipotentiary for European Integration and Foreign Assistance and then in the Office of the Committee for European Integration. He is concerned with international economics, macroeconomics, finance and regional analysis. He has authored the following books:

- *Stosunki ekonomiczne z zagranicą w PRL, 1994*
- *Analiza integracji. Przygotowania do członkostwa Polski w Unii Europejskiej, 1998*
- *Polska polityka kursowa w okresie umacniania się systemu rynkowego 1990–1998, 1999*
- *Integracja regionalna w warunkach globalizacji gospodarki światowej, 2000*
- *Spójność ekonomiczna regionów Polski na tle krajów Unii Europejskiej, 2005*
- *Podstawy funkcjonowania gospodarki światowej, 2007*
- *Myslenie perspektywiczne. Uwarunkowania badania przyszłości typu foresight, 2007*
- *Bliżej centrum czy na peryferiach? Polskie kontakty gospodarcze z zagranicą w XX wieku, 2011*
- *Sektory przemysłu i wiedzy. Ewolucja struktury gospodarki, 2011*
- *Ekonomia i etyka, 2012*
- *Spójność ekonomiczna i społeczna regionów państw Unii Europejskiej, 2012*
- *Podstawy ekonomii, Warszawa 2013*
- *Nobel z ekonomii 1969–2013. Poglądy laureatów w zarysie, 2014*