

DOI: 10.18559/SOEP.2018.1.6

Andrzej Kobryń

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa Energooszczędnego

Joanna Prystrom

Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Ekonomii i Zarządzania, Zakład Ekonomiki i Finansów Samorządu Terytorialnego

Autor do korespondencji: Andrzej Kobryń, a.kobryn@pb.edu.pl

OCENA INNOWACYJNOŚCI KRAJÓW BENELUKSU W LATACH 2003-2011

Streszczenie: Ze względu na znaczenie innowacyjności w stymulowaniu rozwoju społeczno-gospodarczego poszczególnych państw, za cel niniejszego artykułu przyjęto ocenę poziomu innowacyjności w krajach Beneluxu (Belgii, Holandii i Luksemburgu), które są uznawane za jedne z najbardziej innowacyjnych i najlepiej rozwiniętych państw na świecie.

Poziom innowacyjności jest warunkowany przez różnego rodzaju czynniki, których wpływ na innowacyjność poszczególnych gospodarek nie został do tej pory dogłębnie zbadany. Z tego względu w artykule podjęto próbę uszeregowania gospodarek krajów Beneluxu pod względem poziomu innowacyjności, w świetle wybranych determinant zdolności innowacyjnej. W badaniach wykorzystano jedną z metod ilościowych – metodę TOPSIS.

W wyniku analizy stwierdzono, że najwyższy poziom innowacyjności charakteryzuje gospodarkę Luksemburga, a w dalszej kolejności – gospodarki Holandii i Belgii. Stwierdzono też, że wskaźniki rankingowe gospodarek Luksemburga i Holandii ogólnie maleją, podczas gdy w wypadku Belgii widoczna jest powolna, ale stabilna tendencja rosnąca.

Słowa kluczowe: innowacyjność, kraje Beneluxu, determinanty innowacyjności, metoda TOPSIS.

Klasyfikacja JEL: O1, O2, O3.

EVALUATION OF THE BENELUX INNOVATIVENESS IN THE YEARS 2003-2011

Abstract: Due to the importance of innovation in boosting the socio-economic development of individual countries, this article presents an assessment of the innovation level in the Benelux countries (Belgium, the Netherlands and Luxembourg), which are considered to be some of the most innovative and best developed countries in the world.

The level of innovation is affected by various factors, which influence the innovation of individual economies and thus far has not yet been thoroughly investigated. For this reason, using a quantitative – TOPSIS method – it was taken up to try to rank the Benelux countries' economies in terms of the level of innovation, in the light of chosen determinants of innovative capacity.

The analysis showed that the highest level of innovativeness characterizes the economy of Luxembourg, followed by the economy of the Netherlands and Belgium. It was also found that the indicators of innovativeness for Luxembourg and the Netherlands generally decrease, while in the case of Belgium is shown to be slow but stable with a growing trend.

Keywords: innovativeness, Benelux, innovativeness determinants, TOPSIS method.

Wstęp

Innowacyjność należy obecnie do głównych czynników decydujących o postępie i rozwoju gospodarczym państw i regionów. Jednym z problemów współczesnego świata jest to, że tempo rozwoju poszczególnych krajów jest bardzo zróżnicowane, przy czym obserwuje się pogłębianie się różnic na tym tle. Można stwierdzić, że również w Unii Europejskiej, która stanowi relatywnie jednolitą wspólnotę, poziom i tempo rozwoju poszczególnych państw członkowskich są bardzo zróżnicowane.

Ze względu na znaczenie innowacyjności w stymulowaniu rozwoju społeczno-gospodarczego poszczególnych państw, w niniejszym artykule podjęto problem oceny poziomu innowacyjności w krajach Beneluksu (Belgii, Holandii i Luksemburgu). Te trzy kraje wybrano nieprzypadkowo. Należy bowiem wspomnieć, że obecna struktura organizacyjna Unii Europejskiej ukształtowała się w wyniku stopniowych przeobrażeń Wspólnoty, której założycielami były Republika Federalna Niemiec, Francja, Włochy, a także kraje Beneluksu. Warto też dodać, że w pewnym sensie pierwowzorem Unii Europejskiej była struktura organizacyjna znana jako Unia Celna Krajów

Beneluksu. Państwa Beneluksu należą do najbardziej zaludnionych i zurbanizowanych państw świata, zaliczają się też do państw najlepiej rozwiniętych gospodarczo.

Poziom innowacyjności poszczególnych gospodarek zależy od różnych czynników, których wpływ nie został do tej pory dogłębnie zbadany. Jest to przedmiotem badań i analiz wielu autorów. Ze względu na szeroki zakres pojęć i definicji innowacyjności, dotychczas nie wypracowano jednolitego systemu wskaźników, które służyłyby do oceny innowacyjności badanych jednostek. Bardzo często wśród najbardziej istotnych determinant lub najbardziej miarodajnych wskaźników innowacyjności wymienia się następujące:

- wydatki krajowe brutto na działalność B+R (%PKB),
- liczbę zatrudnionych pracowników w sferze B+R,
- liczbę zgłoszeń patentowych.

Należy przy tym zauważyć, że wydatki krajowe brutto na działalność B+R oraz liczbę zatrudnionych pracowników w sferze B+R można traktować jako determinanty poziomu innowacyjności, natomiast liczba zgłoszeń patentowych w dużym stopniu jest ich wypadkową. Celem niniejszego artykułu była ocena innowacyjności krajów Beneluksu w latach 2003-2011, a wybrany przedział czasowy jest związany z dostępnością danych źródłowych. W artykule zastosowano uproszczone podejście, polegające na połączonej analizie wyżej wymienionych parametrów. W przeprowadzonej analizie zastosowano też innowacyjne narzędzia, którymi bezsprzecznie są metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Zdaniem autorów niniejszego artykułu, mogą one stanowić użyteczne narzędzie również w rozwiązywaniu analizowanych tutaj problemów.

Jak już wspomniano, analizy badanych krajów (Belgii, Holandii i Luksemburga) dokonano na podstawie dostępnych danych z okresu 2003-2011. Oprócz klasycznego podejścia, w analizie wykorzystano również jedną z metod zaliczanych do tzw. metod MCDA/MCDM (*Multi-Criteria Decision Analysis / Multi-Criteria Decision Making*). Zdecydowano się na to, gdyż na podstawie odrębnej analizy każdego z trzech wyżej wymienionych wskaźników trudno było formułować jednoznaczne opinie, który z krajów Beneluksu jest liderem innowacyjności na tle pozostałych. W analizach wykorzystano tzw. metodę TOPSIS (*technique for order preference by similarity to ideal solution*). Mimo że została ona opracowana jako metoda wsparcia wielokryterialnych problemów decyzyjnych, może znaleźć zastosowanie do rozwiązywania różnych problemów pokrewnych, których wyróżnikiem jest porządkowanie badanych obiektów w świetle różnych kryteriów, o czym

świadczy duża liczba publikacji na temat jej zastosowań (Behzadian, Khan-mohammadi, Yazdani i Ignatius, 2012).

1. Dane wyjściowe do analizy

Problem oceny innowacyjności gospodarek krajowych jest przedmiotem zainteresowań wielu badaczy, jak też różnych instytucji. Duże osiągnięcia na tym polu, charakteryzujące się kompleksowością ujęcia problemu, mają: Bank Światowy¹, Światowe Forum Ekonomiczne², Europejski Instytut Zarządzania³ oraz Centrum Szkoleniowe Innowacji i Technologii na Uniwersytecie w Maastricht⁴. Systemy pomiaru innowacyjności opracowane przez te instytucje bazują na wielowymiarowym podejściu i w syntetyczny sposób ujmują poziom różnych elementów procesu innowacyjności.

Jako przykład kompleksowych badań innowacyjności krajów Unii Europejskiej oraz wybranych krajów spoza UE można wskazać coroczne raporty European Innovation Scoreboard (European Commission, 2001-2006, 2008-2010; European Union, 2016) lub Innovation Union Scoreboard (European Commission, 2011; European Union, 2012-2015).

Na przykład, wskaźniki innowacyjności w aktualnej unijnej tablicy wyników European Innovation Scoreboard (European Union, 2016) obejmują trzy typy wskaźników (Czynniki sprawcze, Działalność firm oraz Outputs), wśród których wyróżniono właściwe kategorie:

- typ Czynniki sprawcze – trzy kategorie (Zasoby ludzkie, Otwarte, doskonałe i atrakcyjne systemy badawcze oraz Finansowanie i wsparcie),
 - typ Działalność firm – trzy kategorie (Inwestycje firm, Powiązania i przedsiębiorczość oraz Aktywa intelektualne),
 - typ Outputs – dwie kategorie (Innowatorzy oraz Efekty ekonomiczne).
- W każdej z tych kategorii zdefiniowano odpowiednią liczbę wskaźników szczegółowych.

Ze względu na ograniczone ramy objętościowe, w niniejszym artykule skoncentrowano się na krajach Beneluksu, przyjmując w analizie poziomu innowacyjności tych krajów cztery parametry:

1) wydatki krajowe brutto na działalność B+R (%PKB),

¹ The World Bank – WB.

² The World Economic Forum – WEF.

³ L'Institut Européen d'Administration des Affaires – L'INSEAD.

⁴ Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology – MERIT.

- 2) zatrudnieni w sektorze B+R na 1000 mieszkańców,
- 3) liczba patentów w PCT⁵ na 10 000 mieszkańców,
- 4) liczba patentów w EPO⁶ na 10 000 mieszkańców.

Wybór powyższych kryteriów uzasadniono poniżej.

Zdolność innowacyjną gospodarki determinuje poziom nakładów przeznaczanych na działalność badawczo-rozwojową. Dzięki możliwości finansowania różnego rodzaju badań i projektów, które w efekcie mogą przynieść innowacyjne odkrycia i wynalazki, podnosi się innowacyjność zarówno nowatorskich podmiotów gospodarczych, jak i całych gospodarek.

W wypadku kreowania zdolności innowacyjnej, niezastąpioną rolę odgrywają pracownicy badawczo-rozwojowi, którzy, odpowiednio uzbrojeni w wiedzę i umiejętności, bardzo często stają się autorami wielu cennych i znaczących odkryć oraz opracowań; te z kolei wspomagają pozycję firmy na danym rynku, a należycie wykorzystane – mogą się przełożyć na kondycję gospodarczą danego regionu.

Jednym z rezultatów działalności pracowników badawczo-rozwojowych i zarazem czynnikiem warunkującym innowacyjność jest zdolność patentowa, którą można rozumieć jako posiadanie wyłącznych praw do stosowania określonego rozwiązania w systemie ochrony własności przemysłowej (Brzeziński, 2001).

W artykule wykorzystano dane na temat zgłoszeń patentowych w dwóch niezależnych organizacjach, którymi są Układ o Współpracy Patentowej (The Patent Cooperation Treaty – PCT) oraz Europejska Organizacja Patentowa (The European Patent Organization – EPO) skupiający obecnie około 150 państw, umożliwia uzyskiwanie patentów w państwach stronach układu w uproszczonym systemie opartym na jednym zgłoszeniu patentowym (zgłoszenie międzynarodowe PCT). Natomiast Europejska Organizacja Patentowa, licząca około 40 członków, zrzesza państwa uznające ochronę wynalazków na swoim terytorium wynikającą z patentów europejskich.

Odpowiednie wartości ocen zawierają tabele 1–4. Należy dodać, że dane wyjściowe dotyczące liczby zatrudnionych w sektorze B+R, liczby patentów w PCT i liczby patentów w EPO są podane w liczbach bezwzględnych. Z tego powodu, w dalszej części artykułu dokonano ich urealnienia, odnosząc do liczby ludności analizowanych krajów w latach 2003-2011. Dane dotyczące liczby ludności zawiera tabela 5.

⁵ The International Patent System / The Patent Cooperation Treaty (PCT).

⁶ The European Patent Office (EPO).

Tabela 1. Wydatki krajowe brutto na działalność B+R (%PKB)

Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	1,87	1,86	1,83	1,86	1,89	1,97	2,03	2,1	2,21
Holandia	1,92	1,93	1,90	1,88	1,81	1,77	1,82	1,86	2,03
Luksemburg	1,65	1,63	1,56	1,66	1,58	1,66	1,74	1,51	1,43

Źródło: na podstawie: OECD.StatExtracts, 2014.

Tabela 2. Zatrudnienie w sektorze B+R

Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	52 256,468	52 252,684	53 517,097	55 713,750	57 963,290	58 475,733	59 755,895	60 074,572	62 894,678
Holandia	90 147	95 702	93 599	97 835	93 788	93 432	87 874	100 544	116 326,334
Luksemburg	4010	4317,6	4391,7	4376,5	4010	4651,6	4711,1	4988	5318

Źródło: na podstawie: OECD.StatExtracts, 2014.

Tabela 3. Liczba patentów w PCT

Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	839,3	974,2	1019,9	1098,3	1160,7	1089,6	1144	1254,4	1239,4
Holandia	3056,2	3212,9	3391,2	3568,2	3577,5	3571,7	3247,1	2943,8	3487,6
Luksemburg	28,7	50,4	67,8	51,7	38,4	55,3	52,3	54	69,3

Źródło: na podstawie: OECD.StatExtracts, 2014.

Tabela 4. Liczba patentów w EPO

Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	1372,2	1545,6	1523,5	1563,7	1589,6	1513	1428,2	1497,7	1078,1
Holandia	3588,1	3694,4	3538,1	3827,9	3516	3620,8	3578,4	3063,1	2212,2
Luksemburg	89,7	116,7	100	109,9	73,2	97,8	42,2	74,4	47,9

Źródło: na podstawie: OECD:StatExtracts, 2014.

Tabela 5. Liczba mieszkańców krajów Beneluksu w latach 2003–2011 (w tys.)

Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	10341	10416	10452	10517	10597	10697	10779	10868	10971
Holandia	16238	16275	16306	16343	16371	16433	16522	16602	16683
Luksemburg	453	454	457	461	467	488	498	506	517

Źródło: podstawie: Powierzchnia, ludność i stolice wybranych krajów, 2014.

2. Innowacyjność krajów Beneluksu – analiza wstępna

Wstępną analizę innowacyjności krajów Beneluksu przeprowadzono na podstawie danych z tabeli 1 oraz danych z tabel 6-8, zawierających wartości kryteriów 2, 3 oraz 4 w przeliczeniu na liczbę ludności. Liczbę zatrudnionych w sektorze B+R podano w przeliczeniu na 1000 mieszkańców, liczbę zgłoszeń patentowych w PCT i EPO – w przeliczeniu na 10 000 mieszkańców.

Dane zawarte w tabelach 1 oraz 6 przedstawiono odpowiednio na rysunkach 1 oraz 2, ilustrujących kształtowanie się odpowiednich determinant innowacyjności w kolejnych latach.

Na podstawie danych przedstawionych na rysunku 1 można zauważyć zróżnicowanie struktury wydatków na działalność badawczo-rozwojową, wyrażonych w procentach PKB. W przypadku Belgii, od roku 2005 obserwuje się trend rosnący. Z kolei Holandię i Luksemburg cechowała zmienność trendu. W wypadku Holandii przełomowy był rok 2008, do którego można zaobserwować tendencję malejącą, natomiast od roku 2008 widoczna jest wyraźna tendencja rosnąca, przy czym wydatki na działalność B+R w tym okresie kształtowały się na nieco niższym poziomie niż w Belgii. Z kolei w wypadku Luksemburga, dla którego w kolejnych latach widoczna jest zmienność trendu, wydatki na działalność B+R niezmiennie znajdowały się na najniższym poziomie w gronie państw Beneluksu, wykazując dodatkowo pod koniec analizowanego okresu wyraźną tendencję malejącą.

Jak wynika z rysunku 2, najwyższym poziomem zatrudnienia w sektorze B+R wyróżniał się Luksemburg, w którym – mimo wahań – liczba pracowników w badanym okresie wzrosła ostatecznie o 32,7%. Wyraźnie niższym poziomem zatrudnienia w sektorze B+R cechowały się Belgia i Holandia, przy czym w wypadku Belgii można zaobserwować stałą, aczkolwiek powolną tendencję rosnącą, natomiast w przypadku Holandii widoczna jest zmienność w kolejnych analizowanych latach. Należy jednak stwierdzić, że w całym analizowanym okresie – mimo zmienności w kolejnych latach – większy wzrost liczby zatrudnionych w sektorze B+R osób odnotowano w Holandii.

Wydatki krajowe brutto na działalność B+R (%PKB) oraz liczbę osób zatrudnionych w sektorze B+R (na 1000 mieszkańców) można traktować jako czynniki warunkujące innowacyjność poszczególnych gospodarek. W kontekście tak pojmowanych uwarunkowań innowacyjności interesujące jest, czy znajduje to przełożenie na wskaźniki innowacyjności, do których można zaliczyć między innymi liczbę zgłoszeń patentowych. W związku z tym

Tabela 6. Zatrudnienie w sektorze B+R w przeliczeniu na 1000 mieszkańców

Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	5,05	5,02	5,12	5,30	5,47	5,47	5,54	5,53	5,73
Holandia	5,55	5,88	5,74	5,99	5,73	5,68	5,32	6,06	6,97
Luksemburg	8,85	9,51	9,61	9,49	9,86	9,53	9,46	9,86	10,29

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych tabeli 2 i 5.

Tabela 7. Liczba patentów w PCT w przeliczeniu na 10000 mieszkańców

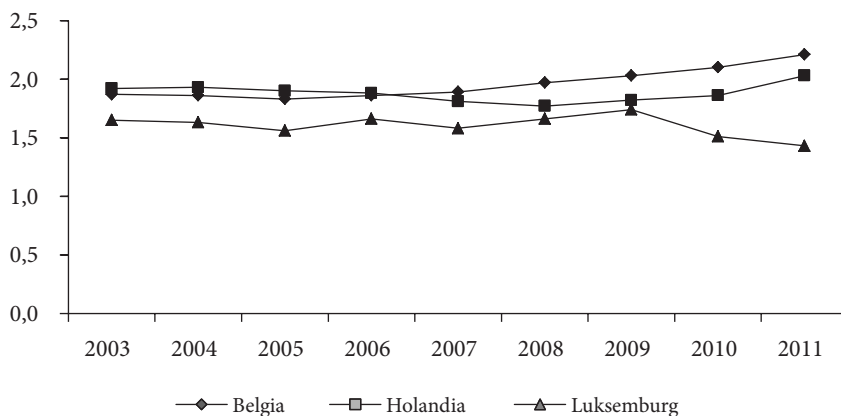
Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	0,81	0,94	0,98	1,04	1,10	1,02	1,06	1,15	1,13
Holandia	1,88	1,97	2,08	2,18	2,18	2,17	1,96	1,77	2,09
Luksemburg	0,63	1,11	0,83	1,12	0,82	1,13	1,05	1,07	1,34

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych tabeli 3 i 5.

Tabela 8. Liczba patentów w EPO w przeliczeniu na 10000 mieszkańców

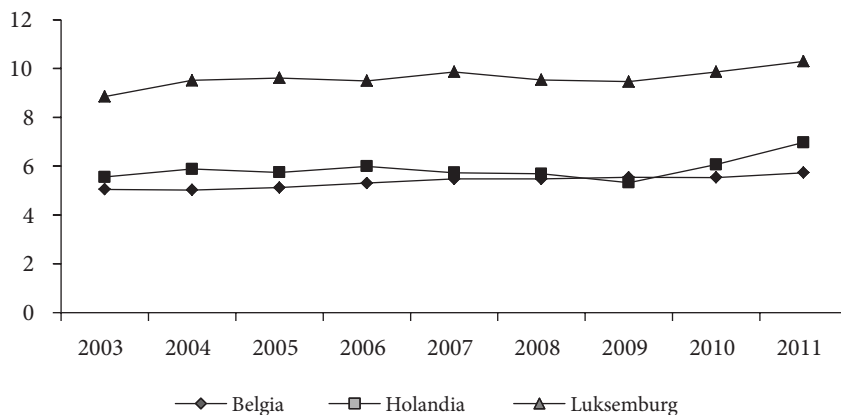
Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	1,33	1,48	1,46	1,49	1,50	1,41	1,32	1,38	0,98
Holandia	2,21	2,27	2,17	2,34	2,15	2,20	2,16	1,84	1,33
Luksemburg	1,98	2,57	2,19	2,38	1,57	2,00	0,85	1,47	0,93

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych tabeli 3 i 5.



Rysunek 1. Wydatki krajowe brutto na działalność B+R w krajach Beneluxu w latach 2003-2011 (%PKB)

Źródło: jak do tabeli 1.

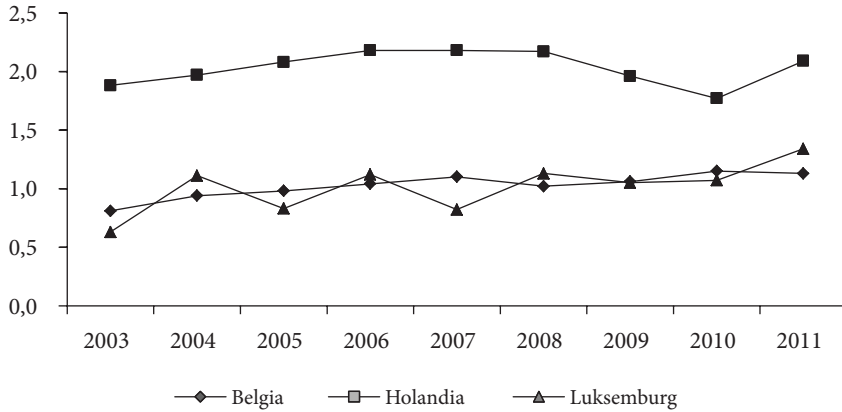


Rysunek 2. Zatrudnienie w sektorze B+R w krajach Beneluxu (na 1000 mieszkańców)

Źródło: na podstawie danych tabeli 6.

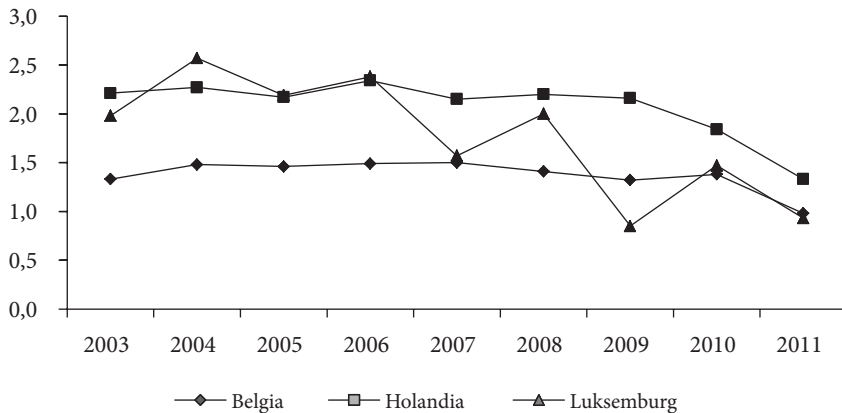
na rysunkach 3 i 4 przedstawiono liczby zgłoszeń patentowych w PCT oraz EPO, wynikające z tabel 7 oraz 8.

Analizując rysunek 3, można zauważyć, że – mimo okresu spadkowego w latach 2008-2010 – bezsprzecznym liderem wśród krajów Beneluxu pod względem liczby patentów zgłaszanych do PCT była Holandia. Na niższym poziomie kształtowała się liczba patentów zgłaszanych w Belgii i Luksem-



Rysunek 3. Liczba patentów zgłaszanych w latach 2003-2011 przez kraje Beneluksu do PCT (na 10 000 mieszkańców)

Źródło: na podstawie danych tabeli 7.



Rysunek 4. Liczba patentów zgłaszanych w latach 2003-2011 przez kraje Beneluksu do EPO (na 10 000 mieszkańców)

Źródło: na podstawie danych tabeli 8.

burgu, przy czym w kolejnych latach Luksemburg charakteryzowały większe wahania niż Belgie.

Jeśli chodzi o patenty zgłaszane do EPO (rysunek 4), sytuacja wygląda całkowicie inaczej. W wypadku wszystkich gospodarek poziom liczby zgłoszeń patentowych miał tendencję mieszaną, przy czym – na przestrzeni całego analizowanego okresu – we wszystkich krajach liczba zgłoszeń patentowych ogólnie znacznie się zmniejszyła.

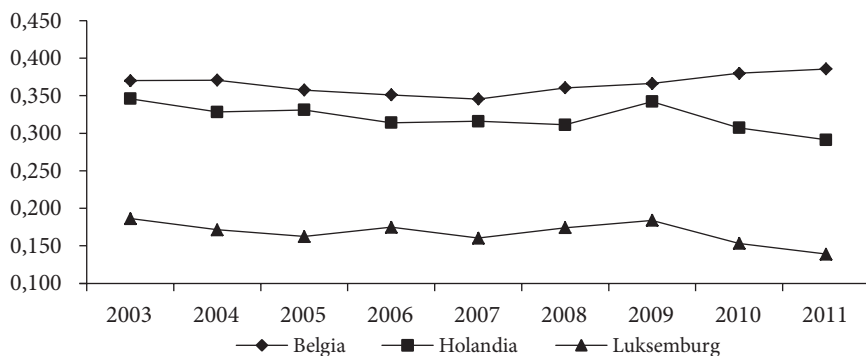
Uzasadnione jest założenie, że innowacyjność powinna się przekładać między innymi na liczbę zgłaszanych patentów. Rysunki 3 oraz 4 nie potwierdzają jednoznacznie takiej hipotetycznej zależności. Na przykład, biorąc pod uwagę relatywnie dużą liczbę osób zatrudnionych w sektorze B+R w Luksemburgu, można by tutaj oczekiwać odpowiednio dużej liczby zgłoszeń patentowych. Nie można jednak zapominać, że poziom innowacyjności zależy również od wydatków przeznaczanych na działalność B+R. Te zaś w Luksemburgu były w ujęciu względnym najniższe spośród wszystkich krajów Beneluxu.

W związku z tym weźmy pod uwagę pomocniczy wskaźnik w postaci stosunku wielkości nakładów na działalność B+R (wyrażonych jako %PKB) do liczby osób zatrudnionych w sektorze B+R (w przeliczeniu na 1000 mieszkańców), którego wartości podano w tabeli 9. Dane te przedstawiono również na rysunku 5. Jak widać, najkorzystniej wskaźnik ten kształtuje się w wypadku Belgii, natomiast najmniej korzystnie – w wypadku Luksemburga.

Tabela 9. Stosunek wydatków na B+R do liczby zatrudnionych w sektorze B+R w krajach Beneluxu w latach 2003-2011

Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	0,370	0,371	0,357	0,351	0,346	0,360	0,366	0,380	0,386
Holandia	0,346	0,328	0,331	0,314	0,316	0,311	0,342	0,307	0,291
Luksemburg	0,186	0,171	0,162	0,175	0,160	0,174	0,184	0,153	0,139

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych przedstawionych w tabelach 1 i 2.



Rysunek 5. Stosunek wielkości nakładów na działalność B+R (wyrażonych jako %PKB) do liczby osób zatrudnionych w sektorze B+R (w przeliczeniu na 1000 mieszkańców)

Źródło: na podstawie danych tabeli 9.

Teoretycznie można by zakładać, że wartość tego wskaźnika powinna decydować o liczbie zgłoszeń patentowych. Rzeczywisty stan w zakresie aktywności patentowej w analizowanych krajach jest jednak inny, co widać na rysunku 4. Można stwierdzić, że jeśli uwzględnimy liczbę zatrudnionych w sektorze B+R, wydatki na działalność B+R nie przekładają się na odpowiednią, proporcjonalną do wielkości przyjętego wskaźnika, liczbę zgłoszeń patentowych w tych krajach. Na przykład w Belgii (w porównaniu z Holandią lub Luksemburgiem) liczba zgłaszanych patentów jest zbyt niska w stosunku do wydatków na działalność B+R w przeliczeniu na liczbę zatrudnionych w sferze B+R.

Na podstawie wyników dotychczasowych analiz należy stwierdzić, że trudno jest jednoznacznie wskazać, który z krajów Beneluksu przoduje pod względem innowacyjności na tle pozostałych. Z tego względu w dalszej części artykułu zastosowano analizę metodą TOPSIS, która może ułatwić wskazanie najbardziej innowacyjnej gospodarki spośród tutaj analizowanych.

3. Istota metody TOPSIS

Metoda TOPSIS została opracowana jako metoda wspomagania wielokryterialnych problemów decyzyjnych (Hwang i Yoon, 1981). Opis podstaw teoretycznych tej metody można znaleźć między innymi w pracach A. Ishizaka i P. Nemery'ego (2014); A. Kobrynia (2014); J. R. San Cristóbal Mateo (2012); T. Trzaskalika (2014); G. H. Tzenga i J. J. Huanga (2011). O popularności metody TOPSIS świadczy przegląd jej aplikacji, jaki przedstawili M. Behzadian i współautorzy (2012). Wynika z niego, że od roku 2000 w renomowanych czasopismach specjalistycznych opublikowano kilkadziesiąt prac dotyczących tej metody.

Jej istota polega na określeniu odległości rozpatrywanych obiektów od rozwiązania idealnego i antyidealnego. Końcowym rezultatem analizy jest wskaźnik syntetyczny, tworzący ranking badanych obiektów. Za najlepszy obiekt uważa się ten, który ma najmniejszą odległość od rozwiązania idealnego i jednocześnie największą od rozwiązania antyidealnego.

Głównymi krokami, które wyróżniają się w metodzie TOPSIS, są:

- krok 1 – utworzenie macierzy decyzyjnej;
- krok 2 – utworzenie znormalizowanej macierzy decyzyjnej;
- krok 3 – utworzenie ważonej, znormalizowanej macierzy decyzyjnej;
- krok 4 – wyznaczenie rozwiązania idealnego i antyidealnego;

- krok 5 – obliczenie odległości każdego wariantu od rozwiązania idealnego i antyidealnego;
- krok 6 – obliczenie wskaźników podobieństwa poszczególnych wariantów do rozwiązania idealnego;
- krok 7 – utworzenie końcowego rankingu wariantów w kolejności malejącej wartości wskaźnika podobieństwa.

Można wyróżnić klasyczną, przedziałową oraz rozmytą wersję metody TOPSIS. W niniejszym artykule skupiono się na wersji klasycznej, w której przebieg analizy wygląda następująco.

Przyjmujemy, że dana jest macierz decyzyjna $Q_{m \times n}$:

$$Q_{m \times n} = \begin{bmatrix} Q_{1,1} & Q_{1,2} & \cdots & Q_{1,n} \\ Q_{2,1} & Q_{2,2} & \cdots & Q_{2,n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ Q_{m,1} & Q_{m,2} & \cdots & Q_{m,n} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Znormalizowane oceny poszczególnych wariantów w świetle kolejnych kryteriów oblicza się ze wzoru:

$$n_{i,j} = \frac{Q_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m Q_{i,j}^2}}. \quad (2)$$

Oceny skorygowane, z wykorzystaniem wag (w_j) przypisanych poszczególnym kryteriom, oblicza się na podstawie zależności:

$$v_{i,j} = w_j n_{i,j}. \quad (3)$$

Następnie odbywa się identyfikacja rozwiązania idealnego (V^+) oraz antyidealnego (V^-) z wykorzystaniem ocen skorygowanych. Rozwiązanie idealne jest zdefiniowane jako:

$$V^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}. \quad (4)$$

gdzie

$$v_j^+ = \left(\left(\max_i v_{i,j} \mid j \in K_{\text{stym.}} \right) \vee \left(\min_i v_{i,j} \mid j \in K_{\text{dest.}} \right) \right), \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Z kolei rozwiązanie antyidealne jest zdefiniowane jako:

$$V^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}, \quad (5)$$

gdzie

$$v_j^- = \left(\left(\min_i v_{i,j} \mid j \in K_{\text{stym.}} \right) \vee \left(\max_i v_{i,j} \mid j \in K_{\text{dest.}} \right) \right), \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

W powyższych równaniach v_j^+ oraz v_j^- są wartościami opisującymi rozwiązanie idealne i antyidealne w świetle kryterium $j = 1, 2, \dots, n$, natomiast $K_{\text{stym.}}$ i $K_{\text{dest.}}$ są podzbiorami kryteriów, zaliczanych odpowiednio do stymulant (kryteria o charakterze korzyści) i destymulant (kryteria o charakterze kosztów).

Po wyznaczeniu rozwiązania idealnego i antyidealnego oblicza się odległości d_i^+ i d_i^- między nimi a kolejnymi wariantami:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{i,j} - v_j^+)^2}, \quad (6)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{i,j} - v_j^-)^2}. \quad (7)$$

Na podstawie odległości d_i^+ i d_i^- wyznacza się współczynnik rankingowy poszczególnych wariantów, który jest opisany zależnością:

$$R_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}. \quad (8)$$

Procedurę kończy utworzenie rankingu wariantów w kolejności malejącej wartości oceny R_i .

4. Innowacyjność państw Beneluksu według metody TOPSIS – dane i wyniki

Kluczową rolę w analizach wielokryterialnych ma uwzględnienie znaczenia poszczególnych kryteriów. W niniejszej pracy za kryteria przyjęto cztery parametry analizowane we wcześniejszej części artykułu:

- kryterium 1 – wydatki krajowe brutto na działalność B+R (%PKB),
- kryterium 2 – zatrudnienie w sektorze B+R na 1000 mieszkańców,
- kryterium 3 – liczba zgłoszeń patentowych w PCT na 10 000 mieszkańców,
- kryterium 4 – liczba zgłoszeń patentowych w EPO na 10 000 mieszkańców.

W celu uszeregowania krajów Beneluksu pod względem innowacyjności przyjęto trzy opcje ważności kryteriów. W pierwszym przypadku uznano, że żadne z kryteriów nie powinno być preferowane względem pozostałych. Dlatego wszystkie kryteria otrzymały jednakowe wartości wag. W drugim przypadku większe znaczenie przyznano determinantom innowacyjności w postaci poziomu wydatków na działalność B+R oraz liczby zatrudnionych w sektorze B+R. W trzecim przypadku większe znaczenie przypisano wskaźnikom innowacyjności w postaci zgłoszeń patentowych. Odpowiednie wartości wag zawiera tabela 13.

Tabela 13. Wagi kryteriów

Opcja	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
1	0,25	0,25	0,25	0,25
2	0,30	0,30	0,20	0,20
3	0,20	0,20	0,30	0,30

Analizę metodą TOPSIS zastosowano w odniesieniu do każdego z kolejnych lat 2003-2011. Wartości wyjściowe do analizy (wynikające z tabel 1, 6, 7 oraz 8) zamieszczono w tabeli 14. Na ich podstawie przeprowadzono obliczenia zgodnie z algorytmem metody TOPSIS, opisanym w poprzednim punkcie niniejszego artykułu.

Ze względu na obszerność materiału wyjściowego i powtarzalność procedury obliczeniowej dla kolejnych lat, w pracy nie zaprezentowano całości obliczeń. W Aneksie zamieszczonym na końcu artykułu zilustrowano przebieg obliczeń jedynie dla roku 2011 w pierwszej opcji ważności przyjętych kryteriów.

Tabela 14. Wyściowe wartości kryteriów do analizy metodą TOPSIS

Rok	Kraj	Wartości wskaźników			
		kryterium 1	kryterium 2	kryterium 3	kryterium 4
2003	Belgia	0,0187	5,0533	0,8116	1,3270
	Holandia	0,0192	5,5516	1,8821	2,2097
	Luksemburg	0,0165	8,8521	0,6336	1,9801
2004	Belgia	0,0186	5,0166	0,9353	1,4839
	Holandia	0,0193	5,8803	1,9741	2,2700
	Luksemburg	0,0163	9,5101	1,1101	2,5705
2005	Belgia	0,0183	5,1203	0,9758	1,4576
	Holandia	0,0190	5,7402	2,0797	2,1698
	Luksemburg	0,0156	9,6098	0,8271	2,1882
2006	Belgia	0,0186	5,2975	1,0443	1,4868
	Holandia	0,0188	5,9864	2,1833	2,3422
	Luksemburg	0,0166	9,4935	1,1215	2,3839
2007	Belgia	0,0189	5,4698	1,0953	1,5000
	Holandia	0,0181	5,7289	2,1853	2,1477
	Luksemburg	0,0158	9,8597	0,8223	1,5675
2008	Belgia	0,0197	5,4666	1,0186	1,4144
	Holandia	0,0177	5,6856	2,1735	2,2034
	Luksemburg	0,0166	9,5320	1,1332	2,0041
2009	Belgia	0,0203	5,5437	1,0613	1,3250
	Holandia	0,0182	5,3186	1,9653	2,1658
	Luksemburg	0,0174	9,4600	1,0502	0,8474
2010	Belgia	0,0210	5,5277	1,1542	1,3781
	Holandia	0,0186	6,0561	1,7732	1,8450
	Luksemburg	0,0151	9,8577	1,0672	1,4704
2011	Belgia	0,0221	5,7328	1,1297	0,9827
	Holandia	0,0203	6,9727	2,0905	1,3260
	Luksemburg	0,0143	10,2863	1,3404	0,9265

Źródło: obliczenia własne.

Wartości wskaźników rankingowych dla kolejnych lat 2003-2011 zamieszczono w tabelach:

- dla pierwszej opcji ważności kryteriów – w tabeli 15,
- dla drugiej opcji ważności kryteriów – w tabeli 16,
- dla trzeciej opcji ważności kryteriów – w tabeli 17.

Otrzymane wyniki zilustrowano również odpowiednio na rysunkach 6, 7 oraz 8.

Tabela 15. Wskaźniki rankingowe w kolejnych latach dla pierwszej opcji ważności kryteriów

Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	0,006	0,003	0,007	0,002	0,012	0,006	0,021	0,022	0,033
Holandia	0,189	0,121	0,155	0,127	0,154	0,126	0,167	0,076	0,113
Luksemburg	0,252	0,355	0,311	0,326	0,254	0,280	0,251	0,319	0,266

Źródło: obliczenia własne.

Tabela 16. Wskaźniki rankingowe w kolejnych latach dla drugiej opcji ważności kryteriów

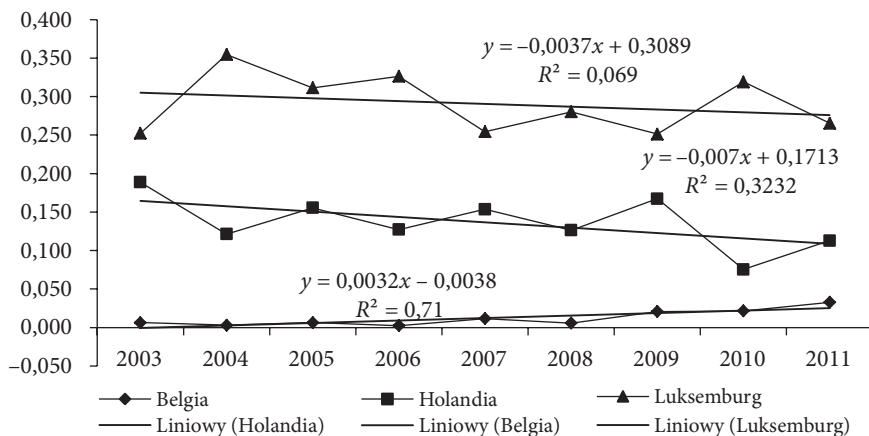
Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	0,007	0,005	0,008	0,004	0,013	0,009	0,019	0,032	0,050
Holandia	0,146	0,094	0,119	0,096	0,116	0,092	0,126	0,059	0,100
Luksemburg	0,327	0,400	0,374	0,384	0,344	0,351	0,350	0,374	0,325

Źródło: obliczenia własne.

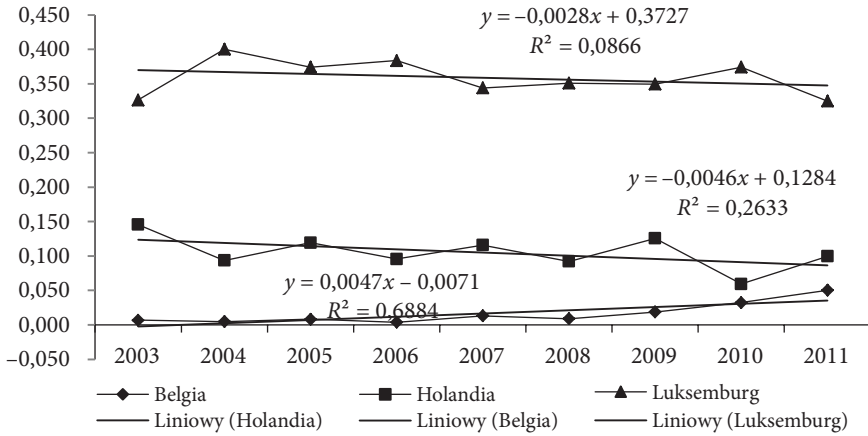
Tabela 17. Wskaźniki rankingowe w kolejnych latach dla trzeciej opcji ważności kryteriów

Kraj	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Belgia	0,006	0,002	0,005	0,001	0,011	0,003	0,022	0,013	0,019
Holandia	0,218	0,142	0,182	0,151	0,181	0,152	0,196	0,088	0,123
Luksemburg	0,191	0,313	0,250	0,274	0,161	0,215	0,154	0,241	0,193

Źródło: obliczenia własne.

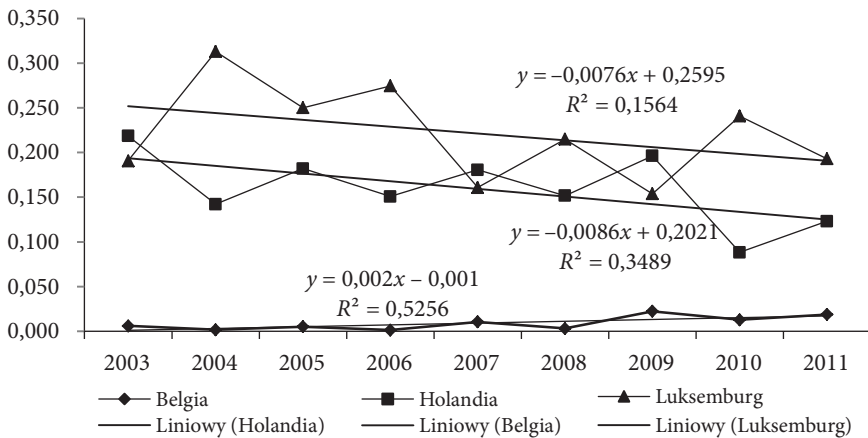
**Rysunek 6. Wskaźniki rankingowe gospodarek Beneluksu w kolejnych latach dla pierwszej opcji ważności kryteriów**

Źródło: na podstawie danych tabeli 15.



Rysunek 7. Wskaźniki rankingowe gospodarek Beneluksu w kolejnych latach dla drugiej opcji ważności kryteriów

Źródło: na podstawie danych tabeli 16.



Rysunek 8. Wskaźniki rankingowe gospodarek Beneluksu w kolejnych latach dla trzeciej opcji ważności kryteriów

Źródło: na podstawie danych tabeli 17.

Na podstawie wskaźników rankingowych przedstawionych w tabelach 15, 16 i 17 oraz na wykresach 6, 7 i 8 można stwierdzić, że – niezależnie od przyjętej opcji ważności kryteriów – poziom innowacyjności w Holandii i Luksemburgu wykazywał w analizowanym okresie tendencję malejącą.

Jedynie w wypadku Belgii można zaobserwować tendencję, wprawdzie dość powolną, ale rosnącą.

Ponadto należy zauważyć, że jest to trend dość stabilny, o czym świadczy również najwyższa wartość R^2 , wynosząca w poszczególnych opcjach ważności kryteriów odpowiednio 0,7100, 0,6884 oraz 0,5256. Na podstawie uzyskanych wskaźników rankingowych można też stwierdzić, że najwyższy poziom innowacyjności w analizowanym okresie (w latach 2003-2011) charakteryzuje gospodarkę Luksemburga, a najniższy – gospodarkę Belgii. Ponadto w wypadku Belgii wartości wskaźników wykazują powolną tendencję rosnącą. W przeciwieństwie do tego, poziom innowacyjności gospodarek Holandii i Luksemburga, mierzony wskaźnikami rankingowymi metody TOPSIS, wykazuje tendencję malejącą. Przy zachowaniu zaobserwowanych trendów jest więc prawdopodobne, że na przestrzeni kilkunastu najbliższych lat innowacyjność gospodarek analizowanych krajów Beneluksu osiągnie zbliżony poziom.

W świetle wyników obliczeń metodą TOPSIS można stwierdzić, że najbardziej innowacyjną spośród gospodarek krajów Beneluksu jest gospodarka Luksemburga, najmniej zaś – gospodarka Belgii. Kolejność ta jest zachowana w kolejnych latach w wypadku dwóch zestawów wag kryteriów (pierwszego i drugiego). Jedynie obliczenia z trzecim zestawem wag kryteriów dla lat 2007 i 2009 wygenerowały odmienną kolejność na dwóch czołowych miejscach w rankingu (wyższa pozycja Holandii niż Luksemburga).

Biorąc po uwagę tabelę 9 i wykres 5, ilustrujące stosunek wielkości nakładów na działalność B+R do liczby osób zatrudnionych w sektorze B+R, należy też odnotować, że kolejność gospodarek pod tym względem nie przekłada się na odpowiednią kolejność w rankingach uzyskanych metodą TOPSIS. W świetle tych danych oraz wskaźników rankingowych wynikających z metody TOPSIS należy odnotować relatywnie wyższą efektywność innowacyjną osób zatrudnionych w sektorze B+R w Luksemburgu w porównaniu z Holandią, a zwłaszcza z Belgią.

Podsumowanie

W niniejszym artykule podjęto próbę uszeregowania gospodarek krajów Beneluksu pod względem poziomu innowacyjności. Wzięto pod uwagę wybrane czynniki innowacyjności, a analizą objęto lata 2003-2011, wykorzystując do tego dostępne dane statystyczne udostępniane przez OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development) oraz GUS

(Główny Urząd Statystyczny). W rezultacie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że najwyższy poziom innowacyjności charakteryzuje gospodarkę Luksemburga, a w dalszej kolejności – gospodarki Holandii i Belgii. Należy jednak zauważyć, że wskaźniki rankingowe gospodarek Luksemburga i Holandii generalnie maleją, podczas gdy w wypadku Belgii widoczna jest powolna, ale stabilna tendencja rosnąca.

Należy przy tym wyraźnie podkreślić, że powyższe wnioski wynikają z materiału statystycznego, jaki uwzględniono w analizie. Zarówno jeśli chodzi o determinanty innowacyjności, jak i mierniki innowacyjności można brać pod uwagę jeszcze wiele innych. Bardziej dogłębne analizy szeroko rozumianej innowacyjności wymagałyby – rzecz jasna – oparcia się na bardziej rozbudowanym materiale wyjściowym. Jego uwzględnienie w analizie mogłoby co prawda dać inny obraz, niemniej dane wykorzystane w niniejszym artykule są pod tym względem reprezentatywne i mogą stanowić podstawę formułowania wstępnych wniosków na temat poziomu innowacyjności w krajach Beneluksu.

Bibliografia

- Behzadian, M., Khanmohammadi, O. S., Yazdani, M. i Ignatius, J. (2012). A state of the art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17).
- Brzeziński, M. (2001). *Zarządzanie innowacjami technicznymi i organizacyjnymi*. Warszawa: Difin.
- European Commission. (2001). *European Innovation Scoreboard 2001. Innovation/SMEs Programme*. Luxembourg: CORDIS.
- European Commission. (2002). *European Innovation Scoreboard 2002. European Trend Chart on Innovation*, Luxembourg: CORDIS.
- European Commission. (2003). *European Innovation Scoreboard 2003. European Trend Chart on Innovation*. Luxembourg: CORDIS.
- European Commission. (2004). *European Innovation Scoreboard 2004. Comparative Analysis of Innovation Performance*. Luxembourg: CORDIS.
- European Commission. (2005). *European Innovation Scoreboard 2005. Comparative Analysis of Innovation Performance*. Luxembourg: CORDIS.
- European Commission. (2006). *European Innovation Scoreboard 2006. Comparative Analysis of Innovation Performance*. Maastricht: MERIT.
- European Commission. (2008). *European Innovation Scoreboard 2007. Comparative Analysis of Innovation Performance*. Maastricht: UNU-MERIT.

- European Commission. (2009). *European Innovation Scoreboard 2008. Comparative Analysis of Innovation Performance*. Maastricht: UNU-MERIT.
- European Commission. (2010). *European Innovation Scoreboard 2009. Comparative Analysis of Innovation Performance*. Maastricht: UNU-MERIT.
- European Commission. (2011). *Innovation Union Scoreboard 2010. The Innovation Union's Performance Scoreboard for Research and Innovation*, Maastricht: UNU-MERIT.
- European Union. (2012). *Innovation Union Scoreboard 2011. Research and Innovation Union scoreboard*. Maastricht: UNU-MERIT.
- European Union. (2013). *Innovation Union Scoreboard 2013. Enterprise and Industry*. Maastricht: UNU-MERIT.
- European Union. (2014). *Innovation Union Scoreboard 2014. Enterprise and Industry*, Maastricht: UNU-MERIT.
- European Union. (2015). *Innovation Union Scoreboard 2015. Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*. Maastricht: UNU-MERIT.
- European Union. (2016). *European Innovation Scoreboard 2016. Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*. Maastricht: UNU-MERIT.
- Hwang, C.L. i Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Berlin: Springer Verlag.
- Ishizaka, A. i Nemery, P., (2013). *Multi-criteria decision analysis. Methods and software*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Kobryń, A. (2014). *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w gospodarowaniu przestrzenią*. Warszawa: Difin.
- San Cristóbal Mateo, J. R. (2012). *Multi-criteria analysis in the renewable energy industry*. London: Springer Verlag.
- Trzaskalik, T. (2014). *Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Metody i zastosowania*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Tzeng, G. H. i Huang, J. J. (2011). *Multiple attribute decision making. Methods and applications*, Boca Raton: CRC Press.
- OECD.StatExtracts.(2014). Pobrane 16 grudnia 2014 z <http://stats.oecd.org/>
- Powierzchnia, ludność i stolice wybranych krajów. (2014). Pobrane 16 grudnia 2014 z stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/1.1_pow_lud_stolice_kr_r.xls.

Aneks

Ilustracja obliczeń metodą TOPSIS w odniesieniu do roku 2011 z użyciem jednakowych wartości wag kryteriów

Tabela A.1. Wyjściowa macierz ocen

Kraj	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Belgia	2,21	62894,678	1239,4	1078,1
Holandia	2,03	116326,334	3487,6	2212,2
Luksemburg	1,43	5318	69,3	47,9

Źródło: obliczenia własne.

Tabela A.2. „Urealniona” macierz ocen (z uwzględnieniem liczby ludności dla kryteriów 2, 3 oraz 4)

Kraj	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Belgia	0,0221	5,7328	1,1297	0,9827
Holandia	0,0203	6,9727	2,0905	1,3260
Luksemburg	0,0143	10,2863	1,3404	0,9265

Źródło: obliczenia własne.

Tabela A.3. Macierz znormalizowana

Kraj	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Belgia	0,6648	0,4189	0,4141	0,5192
Holandia	0,6107	0,5095	0,7663	0,7006
Luksemburg	0,4302	0,7516	0,4913	0,4895

Źródło: obliczenia własne.

Tabela A.4. Macierz skorygowana (z użyciem wag)

Kraj	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Belgia	0,1662	0,1047	0,1035	0,1298
Holandia	0,1527	0,1274	0,1916	0,1751
Luksemburg	0,1075	0,1879	0,1228	0,1224

Źródło: obliczenia własne.

Tabela A.5. Wzorzec i antywzorzec

Wyszczególnienie	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Wzorzec	0,1662	0,1879	0,1916	0,1751
Antywzorzec	0,1075	0,1047	0,1035	0,1224

Źródło: obliczenia własne.

Tabela A.6. Wskaźniki rankingowe '2011

Kraj	Wskaźnik
Belgia	0,033
Holandia	0,113
Luksemburg	0,266

Źródło: obliczenia własne.