ECREG STUDIES
Vol. 16, No. 4, 2023
www.ers.edu.pl
PDF OPEN ACCESS
eISSN 2451-182X

AKADEMIA BIALSKA IM. JANA PAWŁA II

sciendo
https://sciendo.com/journal/ERS

ECONOMIC AND REGIONAL STUDIES
STUDIA EKONOMICZNE I REGIONALNE
ISSN 2083-3725 Volume 16, No. 4, 2023

CHANGES IN THE CORE-PERIPHERY STRUCTURE OF THE FRAMEWORK PROGRAMME'S REGIONAL NETWORK

ZMIANY W STRUKTURZE RDZEŃ-PERYFERIA SIECI REGIONALNEJ PROGRAMU RAMOWEGO

Dávid Bilicz[1(A,B,C,D,E,F)]

[1] University of Pécs, Faculty of Business and Economics, Hungary
[1] Uniwersytet w Peczu, Wydział Biznesu i Ekonomii, Węgry

Authors' contribution/
Wkład autorów:
A. Study design/ Zaplanowanie badań
B. Data collection/ Zebranie danych
C. Statistical analysis/ Analiza statystyczna
D. Data interpretation/ Interpretacja danych/
E. Manuscript preparation/ Przygotowanie tekstu
F. Literature search/ Opracowanie piśmiennictwa
G. Funds collection/ Pozyskanie funduszy

Citation:
Bilicz, D. (2023). Changes in the core-periphery structure of the Framework Programme's regional network/ Zmiany w strukturze rdzeń-peryferia sieci regionalnej programu ramowego. *Economic and Regional Studies, 16*(4), 489-504. https://doi.org/10.2478/ers-2023-0032

ORIGINAL ARTICLE

JEL code: E61, R11, R58

Submitted:
August 2023

Accepted:
November 2023

Tables: 2
Figures: 5
References: 27

Abstract

Subject and purpose of work: The aim of this paper is to measure whether the regions lagging behind in the European knowledge field could get closer to the core of the Framework Programmes' (FP) R&D network.
Materials and methods: Annual snapshots of the network have been analysed between 2004-2014. With the use of four different core-periphery measures, regions with converging and diverging tendencies have been identified. The author analysed how the results vary with different regions and indicators used.
Results: The few core regions of the network in the eastern bloc tend to diverge from the core, while almost none of the peripheral regions in these countries could even get to the semi-periphery of the network in the examined timeframe.
Conclusions: Although one of the goals of the EU with the European Research Area was to help peripheral regions catch up, this has not yet happened in the case of the examined collaborative R&D network.

Keywords: Framework Programme, European Research Area, core-periphery, collaboration network, regional network

ORYGINALNY ARTYKUŁ NAUKOWY

Klasyfikacja JEL: E61, R11, R58

Zgłoszony:
sierpień 2023

Zaakceptowany:
listopad 2023

Tabele: 2
Rysunki: 5
Literatura: 27

Streszczenie

Przedmiot i cel pracy: Celem niniejszej pracy jest zmierzenie, czy regiony pozostające w tyle w europejskim obszarze wiedzy mogą zbliżyć się do rdzenia sieci badawczo-rozwojowej programów ramowych (PR).
Materiały i metody: Przeanalizowano roczne zarysy stanu sieci z lat 2004-2014. Przy użyciu czterech różnych miar centrum-peryferie zidentyfikowano regiony o tendencjach zbieżnych i rozbieżnych. Autor przeanalizował, jak wyniki różnią się w zależności od regionu i zastosowanych wskaźników.
Wyniki: Kilka głównych regionów sieci w bloku wschodnim ma tendencję do odbiegania od rdzenia, podczas gdy prawie żaden z regionów peryferyjnych w tych krajach nie mógł nawet dotrzeć do półperyferyjnej części sieci w badanym okresie.
Wnioski: Chociaż jednym z celów UE w ramach Europejskiej Przestrzeni Badawczej była pomoc regionom peryferyjnym w nadrobieniu zaległości, nie stało się to jeszcze w przypadku badanej sieci współpracy w zakresie badań i rozwoju.

Słowa kluczowe: Program Ramowy, Europejska Przestrzeń Badawcza, rdzeń-peryferia, sieć współpracy, sieć regionalna

Address for correspondence / Adres korespondencyjny: *Dávid Bilicz (ORCID 0000-0002-9241-9399; bilicz.david@ktk.pte.hu), Faculty of Business and Economics, Rákóczi, 7632, Pécs, Hungary; phone: +36 (72) 501 500.*

Journal included in: AgEcon Search; AGRO; Arianta; Baidu Scholar; BazEkon; Cabell's Journalytics; CNKI Scholar (China National Knowledge Infrastructure); CNPIEC – cnpLINKer; Dimensions; EBSCO; ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and Social Sciences); ExLibris; Google Scholar; Index Copernicus; J-Gate; JournalTOCs; KESLI-NDSL (Korean National Discovery for Science Leaders); MyScienceWork; Naver Academic; Naviga (Softweco); Polish Ministry of Science and Higher Education; QOAM (Quality Open Access Market); ReadCube; SCILIT; Semantic Scholar; TDNet; Ulrich's Periodicals Directory/ulrichsweb WanFang Data; WorldCat (OCLC); X-MOL

Copyright: © Dávid Bilicz, **Publisher:** John Paul II University in Biała Podlaska, Poland.

Introduction

Policymakers often use different tools to enhance cooperation between different organisations, which help actors to specialise to a greater extent since they can bring in complementary knowledge from other, also specialised entities through collaboration. Hence, these collaborations increase the effectiveness of the participating organisations (Katz, Martin, 1997). This process yields numerous benefits for the organisations and in a broader perspective, the regions they operate in as well, resulting in a better innovative potential at both levels. (Broekel, 2015; Soh, 2003).

These forms of cooperation can be treated as networks, where the organisations are the nodes, while the cooperation between them forms the edges of the network. In this regard we can use the methods of social network analysis and measure the value of a node's position or the structure of the entire network. The field of these kinds of knowledge networks has become increasingly researched in the economic literature in the past decades (Bilicz, 2021). Although the literature is relatively extensive, the number of publications measuring core-periphery structures of these networks are a scarcity. This article aims to measure the core-periphery structure of a European knowledge network at the regional level.

The European Research Area

As the European Research field is very fragmented, some harmonisation between the innovation systems of the European Union (EU) member states is needed. At the turn of the millennium, the EU presented the concept of the European Research Area (ERA). The goal of the ERA is twofold. First, it is supposed to reduce the gap between the level of scientific development of the member states of the EU. Second, the ERA should drive up the competitiveness of the research activities of the EU (Reillon, 2017). These two goals often contradict each other, since the first points towards the catching-up of the scientifically lagging regions, while the second encourages the pursuit of scientific excellence, which is concentrated in the areas leading scientifically.

There are different tools in the hands of European policy makers to achieve the goals of the ERA, but the main tool is through the joint research and development (R&D) projects of the Framework Programmes (FPs). The FPs were proposed to be the main facilitators of the ERA by the European Commission (EC) (Reillon, 2017). The FPs are a framework to carry out inter-regional and

Wstęp

Decydenci polityczni wykorzystują często rozmaite narzędzia w celu zacieśnienia współpracy między różnymi organizacjami pomagającymi podmiotom w osiągnięciu większego stopnia specjalizacji, ponieważ w wyniku współpracy mogą one wnosić uzupełniającą wiedzę od innych, równie wyspecjalizowanych podmiotów. Stąd tego typu współpraca zwiększa skuteczność uczestniczących w niej organizacji (Katz, Martin, 1997). Proces ten przynosi liczne korzyści organizacjom, a w szerszej perspektywie również regionom, w których one działają, prowadząc do większego potencjału innowacyjnego na obu poziomach (Broekel, 2015; Soh, 2003).

Te formy współpracy można traktować jako sieci, gdzie organizacje są węzłami, natomiast współpraca między nimi tworzy krawędzie sieci. W tym zakresie możemy zastosować metody analizy sieci społecznych i zmierzyć wartość pozycji węzła lub strukturę całej sieci. Dziedzina tego rodzaju sieci wiedzy jest w ostatnich dziesięcioleciach coraz częściej badana w literaturze ekonomicznej (Bilicz, 2021). Literatura jest stosunkowo obszerna, mimo to jednak widać deficyt publikacji mierzących struktury rdzeń-peryferia tych sieci. Niniejszy artykuł ma na celu zmierzenie struktury rdzeń-peryferia europejskiej sieci wiedzy na poziomie regionalnym.

Europejska Przestrzeń Badawcza

Obszar europejskich badań jest bardzo rozdrobniony, toteż potrzebna jest pewna harmonizacja między systemami innowacji państw członkowskich Unii Europejskiej (UE). Na przełomie tysiącleci UE przedstawiła koncepcję Europejskiej Przestrzeni Badawczej (ERA). Cel ERA jest dwojaki. Po pierwsze, ma ona za zadanie zmniejszyć zróżnicowanie poziomów rozwoju naukowego państw członkowskich UE. Po drugie, ERA powinna zwiększyć konkurencyjność działań badawczych UE (Reillon, 2017). Oba te cele często są ze sobą sprzeczne, jako że pierwszy wskazuje na nadrabianie zaległości przez regiony opóźnione w sferze nauki, podczas gdy drugi zachęca do dążenia do doskonałości naukowej, która koncentruje się w obszarach przodujących naukowo.

Europejscy decydenci polityczni mają do dyspozycji różne narzędzia służące do osiągania celów ERA, a głównym z nich to wspólne projekty badań i rozwoju Programów Ramowych (PR). PR zostały zaproponowane przez Komisję Europejską jako główne czynniki ułatwiające tworzenie ERA (Reillon, 2017). PR stanowią ramy dla realizacji międzyregionalnych i międzyorganizacyjnych projektów badawczych, które pomagają Unii w dalszym rozpowszechnianiu

inter-organisational research-based projects, which help the Union to further spread the knowledge of the more developed regions, helping the community to achieve a more homogenously innovative area (Reillon, 2017).

Despite these efforts, the newer member states (in this paper these countries are defined as the countries that joined in 2004 and 2007, called the EU12, as opposed to the countries that were already members of the EU in 2003, the EU15) tend to receive less fundings from the FPs (Fisch, 2014). These differences are even more relevant if we consider the population or the number of researchers employed in the different countries (Fisch, 2018). The fact is that fund allocation policies have changed over time, and since the mid-2000s research excellence is preferred to knowledge convergence during project selection (Arnold et al., 2008). In the FP network, the most important organisations are those of the EU15 countries, and at the country level network, the EU12 countries have only been able to reduce their disadvantages, but not catch up completely (Balland, Boschma, Ravet, 2019).

Research methodology

Unit of analysis

The main units of the research are European NUTS3 regions. In the sample, every country has been included that was a member of the EU in 2005, which resulted in a constant-sized sample of 1,299 NUTS3 regions in each year. The changes were analysed of the structure of the examined network between 2004 and 2014. During this timeframe, a collaboration network was constructed, where the regions were the vertices, and the edges represented the connections between the regions in the Framework Programme (FP) collaboration network. The edges had a weight equal to the number of FP projects that both regions participated in during the given year in the weighted version of the network. In the unweighted version of the network, all the existing edges had a weight of 1. Hence, there was no edge in either case if two regions did not share a common project.

For each year, the four coreness measures were calculated, described in the following section for all of the regions. In case of continuous variables, a region was considered as a core vertex, if they belonged to the upper quartile within the given year's coreness measurement ranking, a semi-periphery if the node was in the second quartile, and a peripheral member otherwise.

wiedzy z bardziej rozwiniętych regionów, pomagając społeczności w osiągnięciu bardziej jednorodnego innowacyjnego obszaru (Reillon, 2017).

Pomimo tych starań, nowsze państwa członkowskie (kraje te definiuje się w niniejszej pracy jako kraje, które dołączyły w 2004 r. i 2007 r., tzw. UE-12, w przeciwieństwie do krajów, które były już członkami UE w 2003 r., czyli UE-15) z reguły otrzymują mniejsze finansowanie z PR (Fisch, 2014). Różnice te stają się jeszcze bardziej istotne, jeśli wziąć pod uwagę populację lub liczbę naukowców zatrudnionych w różnych krajach (Fisch, 2018). Faktem jest, że polityka alokacji funduszy zmieniała się z biegiem czasu, a od połowy 2000 r. przy wyborze projektów preferowana jest doskonałość badawcza, a nie konwergencja wiedzy (Arnold i in., 2008). W sieci PR najważniejszymi organizacjami są organizacje z krajów UE-15, a na krajowym poziomie sieci kraje UE-12 były w stanie jedynie zmniejszyć swoje niekorzystne położenie, ale nie były w stanie całkowicie nadrobić zaległości (Balland, Boschma, Ravet, 2019).

Metodologia badawcza

Jednostka analizy

Głównymi jednostkami badawczymi są europejskie regiony NUTS3. W tej próbie uwzględniono każdy kraj, który był członkiem UE w 2005 r., w rezultacie czego otrzymano próbę o stałej wielkości obejmującą 1299 regionów NUTS3 w każdym roku. Przeanalizowano zmiany struktury badanej sieci w latach 2004-2014. W tym czasie skonstruowano sieć współpracy, w której regiony wierzchołkami, a krawędzie reprezentowały połączenia między regionami w sieci współpracy Programu Ramowego (PR). Krawędzie miały wagę równą liczbie projektów PR, w których oba regiony uczestniczyły w danym roku w ważonej wersji sieci. W nieważonej wersji sieci wszystkie istniejące krawędzie miały wagę 1. W związku z tym w żadnym przypadku nie było krawędzi, jeśli dwa regiony nie miały wspólnego projektu.

Dla każdego roku obliczono cztery miary spójności, opisane w rozdziale poniżej dla wszystkich regionów. W przypadku zmiennych ciągłych region uznawano za wierzchołek rdzenia, jeśli należał do górnego kwartyla w rankingu pomiaru rdzeniowości w danym roku, półperyferia, jeśli węzeł znajdował się w drugim kwartylu lub za członka peryferyjnego w innych przypadkach.

Measuring coreness

In social network analysis, the core-periphery structure of the network can be handled by multiple approaches. The source of the concept is based on the seminal work of Borgatti and Everett (2000). The concept divides the network into two segments, which are a well-connected core and a periphery with loose connections to the core and almost non-existent connections within itself. The simplest network with ideal core-periphery segmentation is the so-called Freeman star, where there is one central node and all other nodes have connections with this and only this single node. This example can be extended into more complex networks as well, where each core node has connections with every other core node and the peripheral nodes have only some (usually weaker) connections with the core nodes (Borgatti, Everett, 2000; Della Rossa, Dercole, Piccardi, 2013). In these special cases, the core has special features:
(1) the density of this sub-network is substantially higher than the whole network (Doreian, Woodard, 1994);
(2) the core as an entity has high value in terms of standard centrality measures (Holme, 2005).

In the case of real-world networks, the classification of nodes is rarely this simple. There are several indicators trying to determine which nodes are the core nodes of a network. Some indicators assign discrete values to the vertices, i.e. they determine whether each node is located at the core or the periphery of the network. This approach can be extended to multiple classes, i.e. in case of a three-class indicator, identify nodes can be identified in the core, on the semi-periphery and on the periphery. The more generalised version of the indicators are the continuous ones, which assign a coreness value to the nodes of the network. These metrics can be standardised (if they are not already standardised by definition) to a range of 1 to 0. In this case, the value 1 represents complete core, while 0 represents absolute periphery. Based on empirical results, the use of multiple approaches and different indicators can reduce the distortion of the understanding of the network and lead to better insights (Kudic, Ehrenfeld, Pusch, 2015). Based on this assumption used four different indicators were used to measure the coreness/core membership of the network's vertices.

- The *core-periphery division of Borgatti and Everett* (1999) is a discrete measure which uses two steps to identify whether a given vertex belongs to the core or the periphery of the network. The first step is to find a network with perfect core-periphery structure whose adjacency matrix correlates best with the observed network.

Mierzenie rdzeniowości

W analizie sieci społecznej możliwych jest wiele podejść do struktury rdzeń-peryferia sieci. Źródło koncepcji oparte jest na przełomowej pracy, którą napisali Borgatti i Everett (2000). Koncepcja ta dzieli sieć na dwa segmenty, czyli na dobrze połączony rdzeń i peryferie mające luźne połączenia z rdzeniem i prawie nieistniejące połączenia wewnątrz siebie. Najprostszą siecią z idealną segmentacją rdzeń-peryferia jest tzw. gwiazda Freemana, gdzie istnieje jeden centralny węzeł, a wszystkie pozostałe węzły mają połączenia z tym i tylko tym jednym węzłem. Przykład ten można też rozszerzyć na sieci bardziej złożone, gdzie każdy węzeł rdzenia ma połączenia z każdym z pozostałych węzłów, a węzły peryferyjne mają jedynie kilka (zazwyczaj słabszych) połączeń z węzłami rdzenia (Borgatti, Everett, 2000; Della Rossa, Dercole, Piccardi, 2013). W tych specjalnych przypadkach rdzeń ma szczególne cechy:
(1) gęstość tej podsieci jest znacząco wyższa niż w całej sieci (Doreian, Woodard, 1994);
(2) rdzeń jako jednostka ma wysoką wartość pod względem standardowych miar centralności (Holme, 2005).

W przypadku rzeczywistych sieci klasyfikacja węzłów rzadko bywa taka prosta. Istnieje kilka wskaźników starających się określić, które węzły są głównymi węzłami sieci. Niektóre wskaźniki przypisują wierzchołkom dyskretne wartości, tj. określają, czy każdy węzeł znajduje się w rdzeniu, czy na peryferiach sieci. Podejście to można rozszerzyć na wiele klas, tj. w przypadku wskaźnika trójklasowego węzły identyfikacyjne można zidentyfikować w rdzeniu, na półperyferiach i na peryferiach. Bardziej uogólnioną wersją wskaźników są wskaźniki ciągłe, które przypisują węzłom sieci wartość rdzeniowości. Mierniki te można znormalizować (jeśli nie są już znormalizowane z definicji) do zakresu od 1 do 0. W tym przypadku wartość 1 oznacza pełny rdzeń, podczas gdy 0 oznacza absolutne peryferia. W oparciu o wyniki empiryczne wykorzystanie wielu podejść i różnych wskaźników może zmniejszyć zniekształcenie zrozumienia sieci i prowadzić do lepszych spostrzeżeń (Kudic, Ehrenfeld, Pusch, 2015).

- *Podział rdzeń-peryferia Borgattiego i Everetta* (1999) to miara dyskretna, która korzysta z dwóch kroków w celu ustalenia, czy dany wierzchołek należy do rdzenia czy peryferii sieci. Pierwszym krokiem jest znalezienie sieci z idealną strukturą rdzeń-peryferie, której macierz przylegania najlepiej koreluje z obserwowaną siecią. Drugi krok to przypisanie wartości 1 węzłom, których odpowiednia para w przedstawionej sieci o idealnej strukturze rdzeń-peryferia znajduje się w rdzeniu, podczas gdy wszystkim

In the second step it assigns the value of 1 to nodes whose corresponding pair in the presented network with perfect core-periphery structure is in the core, while it assigns 0 to all other nodes. Since the weighted version of this measure only results in fewer than 20 regions as members of the core, which are almost always the same, only the weighted core-periphery division was used in the analysis.

- *K-core* is a cohesive sub-network where all of the nodes within the given k-core have at least k number of connections to others inside this k-core, and no other set of nodes can be added that would have at least k connections within this core. The coreness of a vertex is the value of k for which it is true that the vertex is a member of a k-core but not of a k+1-core. (Seidman, 1983, Doreian, Woodard, 1994). K-core is a well-used index to measure the coreness of regions/countries within certain networks (i.e. Bianchi, Galaso, Palomeque, 2021; Kudic et al., 2015; Chen, Guan, 2016; Breschi, Cusmano, 2006). Both the weighted and unweighted version of the k-core were used in the analysis.
- The third measurement used in the present paper is the *alpha coreness* presented by Della Rossa et al. (2013). This continuous variable measures to what extent certain vertices of the network belong to the core on a scale of 0 to 1. Usually there is only one node with the value of 1, which is the most core member of the network. On the other hand, in most cases there are many more nodes with the value of 0, which play completely peripheral roles in the network in regard to the concept of Borgatti and Everett (2000). These peripheral vertices do not connect other unconnected members of the network and they mostly have connections with core nodes themselves (Della Rossa et al., 2013). The alpha coreness was calculated in the case of the unweighted network.
- Degree centrality is the sum of the weight of the edges a given vertex has, i.e. it measures the number of FP project partners a region's organisations have. This measure is a more commonly used network position indicator, which does not specifically measure a core-periphery context, but can be used in this specific case as well. The degree centrality was calculated in the case of the unweighted network.

pozostałym węzłom przypisuje 0. Jako że ważona wersja tej miary daje tylko mniej niż 20 regionów jako członków rdzenia, które są prawie zawsze takie same, w analizie wykorzystano tylko ważony podział rdzeń-peryferie.

- *K-core* jest spójną podsiecią, w której wszystkie węzły w danym k-rdzeniu mają co najmniej k połączeń z innymi węzłami w tym k-rdzeniu i nie można dodać żadnego innego zestawu węzłów, który miałby co najmniej k połączeń w tym rdzeniu. Rdzeniowość wierzchołka jest to wartość k, dla której prawdą jest, że wierzchołek jest członkiem k-rdzenia, ale nie k+1-rdzenia. (Seidman, 1983; Doreian, Woodard, 1994). K-core jest dobrze wykorzystywanym wskaźnikiem do pomiaru rdzeniowości regionów/krajów w ramach określonych sieci (tj. Bianchi, Galaso, Palomeque, 2021; Kudic i in., 2015; Chen, Guan, 2016; Breschi, Cusmano, 2006). W analizie wykorzystano zarówno ważoną, jak i nieważoną wersję k-core.
- Trzecim pomiarem wykorzystanym w niniejszym dokumencie jest współczynnik *rdzeniowości alfa* przedstawiony przez Della Rossa i in. (2013). Ta zmienna ciągła mierzy stopień, w jakim niektóre wierzchołki sieci należą do rdzenia w skali od 0 do 1. Zazwyczaj istnieje tylko jeden węzeł o wartości 1, który jest najbardziej rdzeniowym członkiem sieci. Z kolei w większości przypadków istnieje znacznie więcej węzłów o wartości 0, które odgrywają całkowicie peryferyjną rolę w sieci w odniesieniu do koncepcji Borgattiego i Everetta (2000). Te peryferyjne wierzchołki nie łączą innych, niepołączonych członków sieci i w większości mają połączenia z samymi węzłami rdzenia (Della Rossa i in., 2013). Rdzeniowość alfa obliczono w przypadku sieci nieważonej.
- Centralność stopniowa jest to suma wagi krawędzi, jakie ma dany wierzchołek, tj. mierzy liczbę partnerów projektu PR, których mają organizacje w danym regionie. Miara ta jest częściej stosowanym wskaźnikiem pozycji w sieci, który nie mierzy konkretnie kontekstu rdzeń-peryferie, ale może być również stosowany w tym konkretnym przypadku. Centralność stopniową obliczono w przypadku sieci nieważonej.

Measuring convergence

After constructing the network and calculating coreness measures for the regions, the inter-temporal changes can be calculated. The indices were analysed of the 11 years and the maximum and minimum values were calculated as well as the range as the difference

Pomiar konwergencji

Po skonstruowaniu sieci i obliczeniu miar rdzeniowości dla regionów można obliczyć zmiany międzyokresowe. Przeanalizowano wskaźniki z 11 lat i obliczono wartości maksymalne i minimalne, a także zakres jako różnicę tych wartości w przypadku

of these in the case of each of the 4 coreness measures for each region. In this regard, regions were marked by two different aspects in the case of all 4 indicators presented individually:

- A region considered to *appear in the core* if the maximum value of a coreness indicator is among the upper quartile within the values of all regions in the case of the given indicator.
- In the meantime, a region is defined as a *shifted region*, if the range of the region is among the upper quartile within the values of all regions in the case of the given indicator.

Regions that were marked as shifted ones were further analysed. The focus was on these regions since they have the biggest difference between their most core state and their least core state during the 11-year time frame. These regions are further classified into three categories. To make this classification, the researcher analysed how well the convergence patterns of a given region correlated to an ideally converging theoretical region. This theoretical region was set to converge from the absolute periphery (lowest coreness score in the entire network) to the most core position examined within the sample. In this way, the regions marked as shifted were separated further into three different groups:

- A region is considered *converging* if the Pearson correlation between the given region and the theoretical optimally converging one is at least 0.7.
- A region is considered *diverging* if the Pearson correlation between the given region and the theoretical optimally converging one is lower or equal to -0.7.
- A region is considered *fluctuating*, if the Pearson correlation between the given region and the theoretical optimally converging one is between -0.7 and 0.7.

During the general analysis, to avoid selection bias among the different indicators used, which could lead to false conclusions (Kudic et al., 2015) regions were categorised generally as converging, diverging or fluctuating, if they were in the corresponding category in the case of three out of the four indicator used. The distribution of the regions alongside correlation and Range and the graphical illustration of the achieved categories are represented in Figure 1.

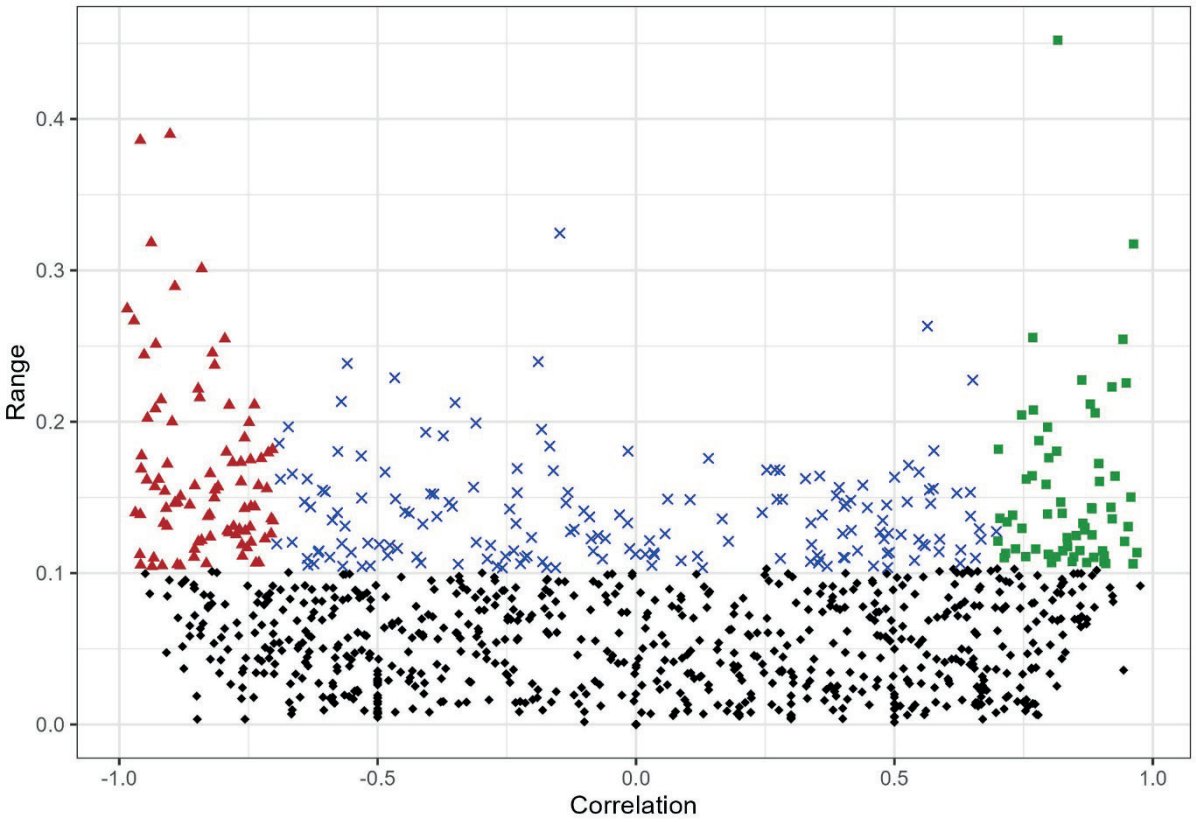
każdej z 4 miar rdzeniowości dla każdego regionu. W tym zakresie regiony charakteryzowały się dwoma różnymi aspektami w przypadku wszystkich 4 wskaźników prezentowanych indywidualnie:

- Region uznany za *znajdujący się w rdzeniu*, jeśli maksymalna wartość wskaźnika rdzeniowości znajduje się w górnym kwartylu wartości wszystkich regionów w przypadku danego wskaźnika.
- Tymczasem region definiowany jest jako *region przesunięty*, jeśli zakres regionu znajduje się w górnym kwartylu wartości wszystkich regionów w przypadku danego wskaźnika.

Regiony oznaczone jako przesunięte zostały poddane dalszej analizie. Skoncentrowano się na nich, ponieważ mają one największą różnicę między stanem najbardziej i najmniej rdzeniowym w ciągu 11 lat. Regiony te zaklasyfikowano dalej do trzech kategorii. Aby dokonać tej klasyfikacji, badacz przeanalizował, jak dobrze wzorce konwergencji danego regionu korelowały z idealnie zbieżnym regionem teoretycznym. Taki teoretyczny region ustalono tak, aby zbiegał się od absolutnych peryferii (najniższy wynik rdzeniowości w całej sieci) do najbardziej rdzeniowej pozycji zbadanej w próbie. W ten sposób regiony oznaczone jako przesunięte podzielono dalej na trzy grupy:

- Region uznaje się za *zbieżny*, jeżeli korelacja Pearsona między danym regionem a teoretycznym regionem optymalnie zbieżnym wynosi przynajmniej 0,7.
- Region uznaje się za *rozbieżny*, jeżeli korelacja Pearsona między danym regionem a teoretycznym regionem optymalnie zbieżnym wynosi przynajmniej -0,7.
- Region uznaje się za *zmienny*, jeżeli korelacja Pearsona między danym regionem a teoretycznym regionem optymalnie zbieżnym wynosi między -0,7 a 0,7.

Aby uniknąć błędu selekcji wśród różnych stosowanych wskaźników, co mogłoby prowadzić do fałszywych wniosków (Kudic i in., 2015), podczas analizy ogólnej regiony zostały ogólnie sklasyfikowane jako zbieżne, rozbieżne lub zmienne, jeśli należały do odpowiedniej kategorii w przypadku trzech z czterech zastosowanych wskaźników. Rozkład regionów wraz z korelacją i zakresem oraz graficzną ilustracją uzyskanych kategorii przedstawiono na Rysunku 1.



Note: The black circles represent stable regions, while regions with red triangles are the diverging, blue crosses are the fluctuating and green squares are the converging regions.

Uwaga: czarne kółka reprezentują regiony stabilne, podczas gdy regiony z czerwonymi trójkątami są rozbieżne, niebieskie krzyżyki oznaczają regiony zmienne, a zielone kwadraty to regiony zbieżne.

Figure 1. The position of the regions and their received categories in case of alpha coreness
Rysunek 1. Pozycja regionów i przypisane im kategorie w przypadku rdzeniowości alfa

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Results

With the use of the presented methodology, the tendencies were analysed of the core-periphery structure of the network during the 11-year time frame of the data. In order to get a better picture, it was examined how many converging and diverging regions can be detected by a given indicator and the four different indices were also compared to each other.

It was possible to identify 660 regions that were in the top quartile of the range in the case of at least one of the four metrics used to measure the coreness of the European Union's regions. Of these, 189 were converging in the case of at least one measure used in the research, while 223 could be identified as diverging, and 370 fluctuating regions were detected in the case of at least one out of the four indicators used.

Wyniki

Przy użyciu przedstawionej metodologii przeanalizowano tendencje w strukturze rdzeń-peryferie sieci w ciągu 11 lat, których dotyczą dane. Dla uzyskania lepszego obrazu zbadano, jak wiele regionów zbieżnych i rozbieżnych można wykryć za pomocą danego wskaźnika, jak również porównano ze sobą cztery różne wskaźniki.

Udało się zidentyfikować 660 regionów, które znalazły się w górnym kwartylu zakresu w przypadku co najmniej jednego z czterech wskaźników stosowanych do pomiaru rdzeniowości regionów Unii Europejskiej. 189 z nich było regionami zbieżnymi w przypadku co najmniej jednej miary zastosowanej w badaniu, podczas gdy 223 można było zidentyfikować jako rozbieżne, jak również wykryto 370 regionów zmiennych w przypadku co najmniej jednego z czterech zastosowanych wskaźników.

Table 1. Number of regions that are converging/diverging/fluctuating in the case of 0/1/2/3/4 indicators
Tabela 1. Liczba regionów zbieżnych/rozbieżnych/zmiennych w przypadku wskaźników 0/1/2/3/4

			Number of regions that are... / Liczba regionów		
			converging / zbieżnych	fluctuating / zmiennych	diverging / rozbieżnych
...In case of / ...w przypadku	1	Indicators / wskaźników	107	225	111
	2		47	93	50
	3		28	44	51
	4		7	8	11

N=1299 NUTS3 regions
N=1299 regionów NUTS3
Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Most of the regions with the highest range during the period of 2004-2014 are fluctuating regions in the case of three indices out of the four. While in the case of degree centrality, weighted and unweighted k-core, there are 129-138 regions in the fluctuating category, in the case of alpha-coreness more than 52% of shifted regions can be defined as fluctuating ones (171 of 324).

The weighted k-core method could identify 149 diverging regions, which is the most of the four indicators by a wide margin. In the case of the other 3 indicators, the number of diverging regions is way lower, ranging from 74 to 96, the latter being 30% of the regions with the highest range.

There is also an outlier indicator in the case of the converging regions. The unweighted k-core resulted in 121 converging regions, while the other methods only identified 37-91 similar regions. Weighted k-core identified 37 (11% of the 324 shifted regions), alpha coreness identified 64 (20%) and degree centrality pinpointed 91 (28%) converging regions.

Większość regionów o największej rozpiętości w latach 2004-2014 to regiony zmienne w przypadku trzech z czterech wskaźników. Natomiast w przypadku centralności stopniowej, ważonego i nieważonego k-core, istnieje 129-138 regionów w kategorii fluktuacji, w przypadku rdzeniowości alfa ponad 52% regionów przesuniętych można zdefiniować jako zmienne (171 z 324).

Metoda ważonego k-core umożliwiła identyfikację 149 regionów rozbieżnych, co stanowi największą liczbę spośród czterech wskaźników. W przypadku pozostałych 3 wskaźników liczba regionów rozbieżnych jest o wiele niższa, tj. od 74 do 96, przy czym te ostatnie to 30% regionów o najwyższym zasięgu.

Istnieje również wskaźnik odstający w przypadku regionów zbieżnych. Nieważony k-core doprowadził do uzyskania 121 zbieżnych regionów, podczas gdy inne metody zidentyfikowały tylko 37-91 podobnych regionów. Ważony k-core doprowadził do ustalenia 37 (11% z 324 regionów przesuniętych), rdzeniowość alfa zidentyfikowała 64 (20%), a centralność stopniowa wskazała 91 (28%) regionów zbieżnych.

Differences between indicators

Although there is some overlap between the regions identified by the different methods, there are many regions which converged, diverged or fluctuated based on only one metric. Altogether, 107 of the 189 converging, 225 of the 370 fluctuating, and 111 of the 223 diverging regions are only in the given category in the case of one indicator out of the four. Examining only the regions where there is a consensus among the four indicators, it is possible only to define 7 converging, 8 fluctuating and 11 diverging regions out of the 1,299 NUTS3 regions in the sample, while these numbers grow to 35, 52 and

Różnice między wskaźnikami

Chociaż regiony zidentyfikowane za pomocą różnych metod w pewnym stopniu się pokrywają, istnieje wiele regionów, które są zbieżne, rozbieżne lub zmienne w oparciu tylko o jedną metrykę. W sumie 107 z 189 regionów zbieżnych, 225 z 370 regionów zmiennych i 111 z 223 regionów rozbieżnych znalazło się w danej kategorii tylko w przypadku jednego wskaźnika z czterech. Analizując tylko regiony, dla których istnieje konsensus między czterema wskaźnikami, możliwe jest zdefiniowanie tylko 7 regionów zbieżnych, 8 zmiennych i 11 rozbieżnych z 1299 regionów NUTS3 w próbie, podczas gdy liczby te rosną odpowiednio do 35, 52 i 62, jeśli analizowane są

62 respectively if regions are analysed that are in a given category in three out of the four cases.

In the case of converging regions, 107 of the 189 regions (57,6%) were identified as converging by only one indicator out of the four used in this paper while 64 of these 107 cases were determined to be converging by the k-core method, with this number being 28, 11 and 4 in the cases of alpha-coreness, degree centrality, and weighted k-core respectively. A total of 47 regions were identified as converging in the case of two out of the four metrics, of which 35 came from the combination of degree centrality and k-core. A further 28 converging regions could be identified by any combination of three indicators out of the four, while there were only 7 regions that were categorised converging by all of the four measures used.

regiony należące do danej kategorii w trzech z czterech przypadków.

W przypadku regionów zbieżnych 107 z 189 regionów (57,6%) uznano za zbieżne tylko w ramach jednego wskaźnika z czterech zastosowanych w niniejszej pracy, natomiast 64 z tych 107 przypadków uznano za zbieżne przy pomocy metody k-core, podczas gdy liczba ta wynosi 28, 11 i 4 odpowiednio w przypadku rdzeniowości alfa, centralności stopniowej i ważonego k-core. Ogółem 47 regionów uznano za zbieżne w przypadku dwóch z czterech metryk, z czego 35 pochodziło z połączenia centralności stopniowej i k-core. Dalsze 28 regionów zbieżnych można było zidentyfikować na podstawie dowolnej kombinacji trzech z czterech wskaźników, podczas gdy tylko 7 regionów zostało sklasyfikowanych jako zbieżne na podstawie wszystkich czterech zastosowanych miar.

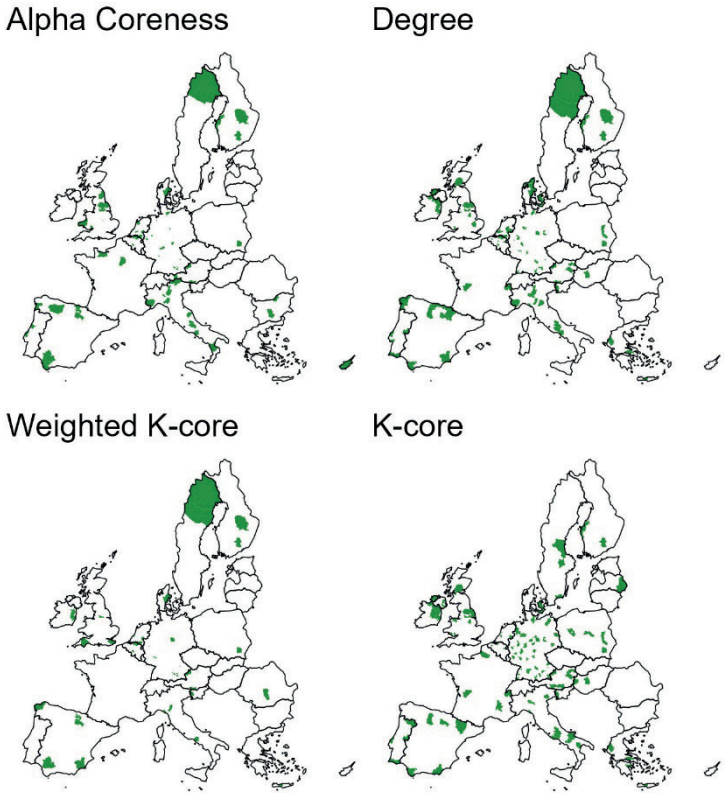


Figure 2. Converging regions by single core-periphery measures
Rysunek 2. Regiony zbieżne według pojedynczych miar rdzeń-peryferie

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Similar tendencies can also be observed in the case of diverging regions: almost half of the regions that were identified as diverging by at least one of the indices were rated as diverging according to only one. In this case, weighted k-core has the highest value as 59 regions that were identified as diverging

Podobne tendencje można zaobserwować w przypadku regionów rozbieżnych: niemal połowa regionów uznanych za rozbieżne według co najmniej jednego wskaźnika została oceniona jako rozbieżna tylko według jednego z nich. W takim przypadku ważony k-core ma najwyższą wartość, ponieważ

by this method only fell into this category by this metric. This number is 26, 22 and 4 in the case of unweighted k-core, alpha-coreness and degree centrality respectively. There are 50 regions that are determined as diverging according to two different methods, while another 51 regions were detected by 3 distinct indices. There were only 11 cases where all 4 of the presented metrics indicated that a region is diverging from the core.

59 regionów, które zostały zidentyfikowane jako rozbieżne za pomocą tej metody, znalazło się w tej kategorii tylko za sprawą tej metryki. Liczba ta wynosi odpowiednio 26, 22 i 4 w przypadku metody niewa-żonego k-core, rdzeniowości alfa i centralności stopniowej. Jest 50 regionów, które zaklasyfikowano jako rozbieżne według dwóch różnych metod, podczas gdy kolejnych 51 regionów wykryto przy pomocy 3 różnych wskaźników. Pojawiło się tylko 11 przypadków, gdzie wszystkie 4 przedstawione metryki wskazywały na rozbieżność regionu z rdzeniem.

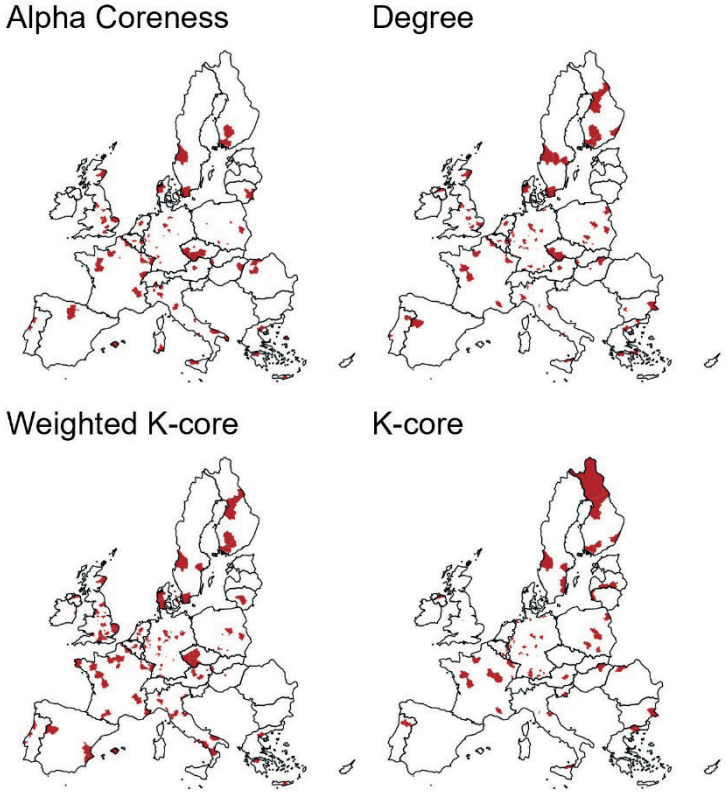


Figure 3. Diverging regions by single core-periphery measures
Rysunek 3. Regiony rozbieżne według pojedynczych miar rdzeń-peryferie
Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Converging regions

With the above-mentioned methodology, 35 regions can be identified which converged towards the very core of the network during the time period in the case of at least three indicators out of the four. The regions that generally belong to the core, converge, diverge from or to the core, or fluctuate during the 11 years are represented in Table 2.

Regiony zbieżne

Dzięki powyższej metodologii można zidentyfikować 35 regionów zbiegających się w tym okresie w kierunku rdzenia sieci w przypadku co najmniej trzech z czterech wskaźników. Regiony, które generalnie w ciągu 11 lat należą do rdzenia, zbiegają się, odbiegają od rdzenia lub wahają się przedstawiono w Tabeli 2.

Table 2. The number of generally converging, diverging fluctuating regions in the different country-groups
Tabela 2. Liczba regionów generalnie zbieżnych, rozbieżnych i zmiennych w różnych grupach krajów

	EU27		EU15		EU12	
	no. / Liczba	**%**	**no. / Liczba**	**%**	**no. / Liczba**	**%**
Total / Ogółem	1,299	100%	1,085	83.5%	214	16.5%
Core / Rdzeń	128	100%	112	87.5%	16	12.5%
Converging / Zbieżne	35	100%	33	94.3%	2	15.7%
Diverging / Rozbieżne	62	100%	53	85.5%	9	14.5%
Fluctuating / Zmienne	52	100%	41	78.8%	11	21.2%

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Of the given 35 regions, 16 were in the core of the network at some point in the case of at least one indicator, although 5 of these were only in the core in k-core (which has a core size almost twice as big as the others), while categorised as generally converging in the case of the other three indicators.

Z danych 35 regionów 16 znajdowało się w którymś momencie w rdzeniu sieci w przypadku co najmniej jednego wskaźnika, chociaż 5 z nich znajdowało się w rdzeniu tylko w przypadku k-core (gdzie rdzeń jest prawie dwa razy większy niż w pozostałych klasyfikacjach), podczas gdy w przypadku pozostałych trzech wskaźników sklasyfikowano je jako ogólnie zbieżne.



Figure 4. Converging regions of the European Union
Rysunek 4. Regiony zbieżne Unii Europejskiej

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Of the 35 identified converging regions, only 2 are from the 12 states that joined the EU in 2004 or after (5.7% of the converging regions; these countries are referenced as EU12, while the countries that joined before 2003 are referenced as EU15 in this paper), one is the Rzeszowski region in Poland, the other is the Gorizia region in Slovenia. It is important to stress that these regions not only failed to reach the core of the network in the case of all of the measurements used in the analysis, but they did not even reach the semi-periphery at any point in the examined timeframe. In the meantime, 33 regions located in EU15 countries could become significantly more integrated within the examined network. Out of these, only 9 regions were like the Rzeszowski and Gorizia regions that could not reach core or semi-periphery of the network during the given timeframe. In addition, 7 EU15 regions of the 33 converging ones could reach the core of the network in the case of three or four indicators used, including 3 Dutch, 2 Belgian, and 1-1 Danish and German NUTS3 regions.

Diverging regions

In terms of diverging from the core / towards the periphery of the analysed networks, the EU12 countries have a higher representation than that seen in the case of the converging ones and 9 out of the 62 (14.5%) diverging regions can be found in countries that joined the EU after 2003. Each of these 9 regions were originally in the core or at least semi-periphery of the network, while 4 of them were identified as a core member of the network in the case of at least three indicators. These core regions were densely populated regions having a bigger city as the regional capital: Bratislava, Gdansk, Krakow, and Riga. In the case of the EU15 regions, the 44 regions out of the 53 diverging ones had a starting position in the core or the semi-periphery in the case of at least one indicator used, but the ratio of core regions is lower, only 17 regions were in the core according to at least 3 indices used in the research.

Spośród 35 zidentyfikowanych regionów zbieżnych, tylko 2 pochodzą z 12 państw, które przystąpiły do UE w 2004 r. lub później (5,7% regionów zbieżnych; kraje te określa się jako UE-12, podczas gdy kraje, które przystąpiły do UE przed 2003 r. są w niniejszym dokumencie nazywane UE-15): jeden to region rzeszowski w Polsce, drugi to region Gorizia w Słowenii. Ważne jest, aby podkreślić, że regiony te nie tylko nie sięgnęły rdzenia sieci w przypadku wszystkich pomiarów zastosowanych w analizie – w żadnym momencie badanego okresu nie dosięgły one nawet półperyferii. Tymczasem 33 regiony znajdujące się w krajach UE-15 mogą stać się znacznie bardziej zintegrowane w ramach badanej sieci. Tego tylko 9 regionów przypominały regiony takie jak rzeszowski czy Gorizia, które nie mogły sięgnąć do rdzenia lub półperyferii sieci w danym przedziale czasowym. Dodatkowo 7 regionów UE-15 z 33 regionów zbieżnych mogło sięgnąć rdzenia sieci w przypadku trzech z czterech zastosowanych wskaźników, w tym 3 regiony holenderskie, 2 belgijskie oraz po 1 regionie duńskim i niemieckim NUTS3.

Regiony rozbieżne

Pod względem rozbieżności z rdzeniem / w kierunku peryferii analizowanych sieci, kraje UE-12 są reprezentowane w szerszym stopniu niż regiony zbieżne, a 9 z 62 (14,5%) regionów rozbieżnych można znaleźć w krajach, które przystąpiły do UE po 2003 r. Każdy z tych 9 regionów znajdował się pierwotnie w rdzeniu lub przynajmniej na półperyferiach sieci, podczas gdy 4 z nich zostały zidentyfikowane jako główny członek sieci w przypadku co najmniej trzech wskaźników. Były to rdzeniowe regiony o gęstym zaludnieniu, mające większe miasto jako stolicę regionu: Bratysława, Gdańsk, Kraków i Ryga. W przypadku regionów UE-15, 44 z 53 regionów zbieżnych zajmowało pozycję startową w rdzeniu lub na półperyferiach w przypadku przynajmniej jednego zastosowanego wskaźnika, ale odsetek regionów kluczowych jest tu niższy, tj. tylko 17 regionów znajdowało się w rdzeniu według co najmniej 3 wskaźników wykorzystanych w badaniu.



Figure 5. Diverging regions of the European Union
Rysunek 5. Regiony rozbieżne Unii Europejskiej
Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Discussion

The creation and reinforcement of the European Research Area should be a priority for EU decision-makers and would lead to a more balanced yet competitive scientific field within the EU (Reillon, 2017). According to empirical studies of this field, this balanced state is yet to be achieved (Roediger-Schluga, Barber, 2008; Chessa et al., 2013). Although there is some knowledge convergence between the EU15 and the member states that joined later, the pace of this convergence is still far from optimal (Amoroso, Coad, Grassano, 2018; Scherngell, Lata, 2013; Roediger-Schluga, Barber, 2008).

The results of this study also show, that although there are regions moving from and towards the core of the knowledge network represented by FP cooperation, the distribution of these regions is not homogenous amongst different groups of nations. While the EU12 countries' regions account for 16.5% of the total number of regions within the EU, their share among the core and converging regions is marginally lower with the values of 12.5% and 5.7% respectively. In addition, the converging regions of the newer member states come from a strongly peripheral position, and many of the core regions of the area tend to weaken their position within the FP-network between 2004 and 2014. The difference in the values of regions in old and new member states can be attributed to several facts. First, the existing structure of the network has an undeniable effect on the tendencies due to the likely presence of

Dyskusja

Utworzenie i wzmocnienie Europejskiej Przestrzeni Badawczej powinno być priorytetem dla decydentów UE i doprowadziłoby do bardziej zrównoważonej, ale konkurencyjnej dziedziny nauki w UE (Reillon, 2017). Według badań empirycznych tej dziedziny, nie osiągnięto jeszcze takiej równowagi (Roediger-Schluga, Barber, 2008; Chessa i in., 2013). Chociaż istnieje pewna konwergencja wiedzy między UE-15, a państwami członkowskimi, które dołączyły później, tempo tej konwergencji jest nadal dalekie od optymalnego (Amoroso, Coad, Grassano, 2018; Scherngell, Lata, 2013; Roediger-Schluga, Barber, 2008).

Wyniki niniejszego badania pokazują również, że choć istnieją regiony poruszające się od i w kierunku rdzenia sieci wiedzy reprezentowanej przez współprace PR, to rozkład tych regionów nie jest jednolity w różnych grupach narodowych. Podczas gdy regiony krajów UE-12 stanowią 16,5% całkowitej liczby regionów w UE, ich udział wśród regionów rdzenia i zbieżnych jest nieznacznie niższy i wynosi odpowiednio 12,5% i 5,7%. Dodatkowo regiony zbieżne nowszych krajów członkowskich wychodzą z pozycji silnie peryferyjnej i wiele rdzeniowych regionów danego obszaru wykazuje tendencję do osłabienia swojej pozycji w sieci PR w latach 2004-2014. Różnica wartości regionów w starszych i nowszych państwach członkowskich może wynikać z kilku czynników. Po pierwsze, obecna struktura sieci ma niezaprzeczalny wpływ na trendy ze względu na

preferential attachment; in many natural networks agents tend to connect to already established nodes of the network (Barabási, Albert, 1999). Since the old member states' regions were more integrated within the FP network at the start of the period, they are more likely to get new connections and to converge towards the core of the network. Other reason for the difference observed between the ratios of converging and diverging regions might originate in the centre-periphery theory of economic geography (Wallerstein, 1991). In this approach, the reason for better network dynamics for the geographical centre would be that these territories are better developed and can maintain a dependency role with the geographical semi-periphery (i.e. EU 12 countries).

The results also strengthen the critical narrative of the current tendencies of the ERA. The freshly joined states of the European Union not only have regions with weaker starting positions in the FP-network, but the trends also show that their positions did not improve between 2004 and 2014. Some core EU12 regions can still be found during the whole timeframe, but it is important to stress that these regions are mostly centred around a country capital or at least a larger city.

In addition, the results also strengthen the theoretical suggestions of the core-peripheral research methodologies. According to some results, the use of multiple core-periphery indicators can lead to a lower bias and hence to a clearer picture (Kudic et al., 2015). Using a single core-periphery indicator could lead to the identification of way more regions that seem to be converging. Using multiple core-periphery measurements allowed a better-informed conclusion to be drawn on the topic, while reducing type-1 error by misidentifying too many regions.

The research also has some limitations. The analysis only covers a limited timeframe, which should be extended in the future, especially by involving more recent data. Also, comparison of the current results with similar research including data on H2020 projects could further widen the scope. Another limitation is the artificial nature of the R&D collaborative networks and FP in particular. These projects usually contain actors in projects that would not necessarily collaborate otherwise in a naturally emerging network (Varga, Pontikakis, Chorafakis, 2014). A resolution of this limitation would be to include multiple types of regional knowledge networks (Fritsch, Titze, Piontek, 2020; Wanzenboeck, Scherngell, Brenner, 2014).

prawdopodobną obecność preferencyjnego przywiązania; w wielu naturalnych sieciach istnieje tendencja do łączenia się z już ustalonymi węzłami sieci (Barabási, Albert, 1999). Regiony starych państw członkowskich były bardziej zintegrowane z siecią PR na początku okresu, dlatego istnieje wśród nich większe prawdopodobieństwo uzyskania nowych połączeń i zbliżenia się do rdzenia sieci. Inny powód istnienia zaobserwowanej różnicy między odsetkami regionów zbieżnych i rozbieżnych może wynikać z teorii geografii ekonomicznej centrum-peryferie (Wallerstein, 1991). W ramach tego podejścia przyczyną lepszej dynamiki sieci dla centrum geograficznego byłoby to, że terytoria te są lepiej rozwinięte i mogą utrzymać rolę zależności z geograficznymi półperyferiami (tj. krajami UE-12).

Wyniki wzmacniają również krytyczną narrację na temat obecnych tendencji ERA. Państwa, które niedawno dołączyły do Unii Europejskiej, nie tylko mają regiony o słabszej pozycji wyjściowej w sieci PR, ale także trendy pokazują, że ich pozycja nie poprawiła się w latach 2004-2014. Niektóre rdzeniowe regiony UE-12 nadal można znaleźć w całym okresie, ale ważne jest, aby podkreślić, że regiony te są w większości skupione wokół stolicy kraju lub przynajmniej większego miasta.

Dodatkowo wyniki wzmacniają również teoretyczne sugestie dotyczące metodologii badań rdzeń-peryferia. Według niektórych wyników zastosowanie wielu wskaźników rdzeń-peryferia może prowadzić do mniejszego odchylenia, a tym samym do uzyskania jaśniejszego obrazu sytuacji (Kudic et al., 2015). Korzystanie z jednego tylko wskaźnika rdzeń-peryferie może prowadzić do znalezienia znacznie większej liczby regionów, które wydają się być zbieżne. Zastosowanie wielu pomiarów rdzeń-peryferie pozwoliło na wyciągnięcie bardziej świadomych wniosków na ten temat, jednocześnie zmniejszając błąd typu 1 poprzez błędną identyfikację zbyt wielu regionów.

Badanie ma też pewne ograniczenia. Analiza dotyczy ograniczonego okresu, który powinien w przyszłości zostać rozszerzony, zwłaszcza poprzez uwzględnienie nowszych danych. Ponadto porównanie obecnych wyników z podobnymi badaniami, w tym danymi dotyczącymi projektów H2020, mogłoby jeszcze bardziej poszerzyć ten zakres. Kolejnym ograniczeniem jest sztuczność sieci współpracy w zakresie badań i rozwoju, a w szczególności PR. W projektach tych uczestniczą zazwyczaj podmioty, które niekoniecznie współpracowałyby w inny sposób w ramach sieci powstałej naturalnie (Varga, Pontikakis, Chorafakis, 2014). W przypadku tego ograniczenia rozwiązaniem byłoby uwzględnienie wielu rodzajów regionalnych sieci wiedzy (Fritsch, Titze, Piontek, 2020; Wanzenboeck, Scherngell, Brenner, 2014).

References:

1. Amoroso, S., Coad, A., Grassano, N. (2018). European R&D networks: a snapshot from the 7th EU Framework Programme. *Economics of Innovation and New Technology, 27*(5-6), 404-419. https://doi.org/10.1080/10438599.2017.1374037
2. Arnold, E., Åström, T., Boekholt, P., Brown, N., Good, B., Holmberg, R., Meijter, I., Mostert, B., van der Veen, G. (2008). *Impacts of the Framework Programme in Sweden*. Stockholm: VINNOVA. Pobrane z: https://www.researchgate.net/profile/Erik-Arnold/publication/308937508_926_Svimpact_as_published/links/57f8cd0508ae886b898430bc/926-Svimpact-as-published.pdf
3. Balland, P.A., Boschma, R., Ravet, J. (2019). Network dynamics in collaborative research in the EU, 2003–2017. *European Planning Studies, 27*(9), 1811-1837. https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1641187
4. Barabási, A.L., Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, *286*(5439), 509-512. https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509
5. Bianchi, C., Galaso, P., Palomeque, S. (2021). Patent collaboration networks in Latin America: Extra-regional orientation and core-periphery structure. *Journal of scientometric research, 10*(1s), s59-s70. https://doi.org/10.5530/jscires.10.1s.22
6. Bilicz, D. (2021). A hálózatok és a kapcsolatok szerepe az innovációban és a tudás áramlásában: Szisztematikus szakirodalmi áttekintés. *Közgazdasági Szemle, 68*(6), 674-698. https://doi.org/10.18414/ksz.2021.6.674
7. Borgatti, S.P., Everett, M.G. (2000). Models of core/periphery structures. *Social Networks, 21*(4), 375-395. https://doi.org/10.1016/s0378-8733(99)00019-2
8. Breschi, S., Cusmano, L. (2006). Unveiling the texture of a European Research Area: emergence of oligarchic networks under EU Framework Programmes. In: Caloghirou, Y. Constantelou, A. Vonortas, N. (red.), *Knowledge flows in European industry* (p. 294-324). London and New York: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203353936-26
9. Broekel, T. (2015). Do cooperative research and development (R&D) subsidies stimulate regional innovation efficiency? Evidence from Germany. *Regional Studies, 49*(7), 1087-1110. https://doi.org/10.1080/00343404.2013.812781
10. Chen, Z., Guan, J. (2016). The core-peripheral structure of international knowledge flows: Evidence from patent citation data. *R&D Management, 46*(1), 62-79. https://doi.org/10.1111/radm.12119
11. Chessa, A., Morescalchi, A., Pammolli, F., Penner, O., Petersen, A.M., Riccaboni, M. (2013). Is Europe evolving toward an integrated research area? *Science, 339*(6120), 650-651. https://doi.org/10.1126/science.1227970
12. Della Rossa, F., Dercole, F., Piccardi, C. (2013). Profiling core-periphery network structure by random walkers. *Scientific Reports, 3*(1), 1-8. https://doi.org/10.1038/srep01467
13. Doreian, P., Woodard, K.L. (1994). Defining and locating cores and boundaries of social networks. *Social Networks, 16*(4), 267-293. https://doi.org/10.1016/0378-8733(94)90013-2
14. Fisch, P. (2014). A first look at monetary (re-)distribution effects of Framework Programme 7. *Think Pieces* (3). Pobrane z: https://www.peter-fisch.eu/european-research-policy/think-pieces/3-2014-distribution-effects/
15. Fisch, P. (2018). Monetary distribution effects of Horizon 2020 (up to mid-2018): Some remarkable developments. *Think Pieces* (2). Pobrane z: https://www.peter-fisch.eu/european-research-policy/think-pieces/2-2018-distribution-2018/
16. Fritsch, M., Titze, M., Piontek, M. (2020). Identifying cooperation for innovation-a comparison of data sources. *Industry and Innovation*, *27*(6), 630-659. https://doi.org/10.1080/13662716.2019.1650253
17. Holme, P. (2005). Core-periphery organization of complex networks. *Physical Review E, 72*(4), 046111. https://doi.org/10.1103/physreve.72.046111
18. Katz, J.S., Martin, B.R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy, 26*(1), 1-18. https://doi.org/10.1016/s0048-7333(96)00917-1
19. Kudic, M., Ehrenfeld, W., Pusch, T. (2015). On the trail of core–periphery patterns in innovation networks: measurements and new empirical findings from the German laser industry. *The Annals of Regional Science, 55*(1), 187-220. https://doi.org/10.1007/s00168-015-0679-8
20. Reillon, V. (2017). *EU framework programmes for research and innovation. Evolution and key data from FP1 to Horizon 2020 in View of FP9.* European Parliament, Brussels. Pobrane z: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/608697/EPRS_IDA(2017)608697_EN.pdf

21. Roediger-Schluga, T., Barber, M.J. (2008). R&D collaboration networks in the European Framework Programmes: Data processing, network construction and selected results. *International Journal of Foresight and Innovation Policy, 4*(3-4), 321-347. https://doi.org/10.1504/ijfip.2008.017583
22. Scherngell, T., Lata, R. (2013). Towards an integrated European Research Area? Findings from Eigenvector spatially filtered spatial interaction models using European Framework Programme data. *Papers in Regional Science, 92*(3), 555-577. https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2012.00419.x
23. Seidman, S.B. (1983). Network structure and minimum degree. *Social Networks, 5*(3), 269-287. https://doi.org/10.1016/0378-8733(83)90028-x
24. Soh, P.H. (2003). The role of networking alliances in information acquisition and its implications for new product performance. *Journal of Business Venturing, 18*(6), 727-744. https://doi.org/10.1016/s0883-9026(03)00026-0
25. Varga, A., Pontikakis, D., Chorafakis, G. (2014). Metropolitan Edison and cosmopolitan Pasteur? Agglomeration and interregional research network effects on European R&D productivity. *Journal of Economic Geography*, *14*(2), 229-263. https://doi.org/10.1093/jeg/lbs041
26. Wallerstein, I. (1991). *Geopolitics and Geoculture: Essays on the Changing World-System*. Cambridge: Cambridge University Press.
27. Wanzenboeck, I., Scherngell, T., Brenner, T. (2014). Embeddedness of regions in European knowledge networks: a comparative analysis of inter-regional R&D collaborations, co-patents and co-publications. *The Annals of Regional Science, 53*, 337-368. https://doi.org/10.1007/s00168-013-0588-7

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl) allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.