

**ZASTOSOWANIE STATYSTYKI PRZESTRZENNEJ  
DO ANALIZY WYKORZYSTYWANIA  
FUNDUSZY EUROPEJSKICH W POLSCE**

**SPATIAL STATISTICS IN ANALYZING THE USE  
OF EU FUNDS IN POLAND**

**Sylwia Marczak, Joanna Pluto-Kossakowska**

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii, Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i SIP

**Słowa kluczowe: analizy przestrzenne, geostatystyka, kriging, polityka spójności**  
Keywords: spatial analysis, geostatistics, kriging, cohesion policy

## **Wstęp**

W latach 2007-2013 Polska otrzymała 67,3 mld euro na realizację jednej z polityk Unii Europejskiej – polityki spójności, której generalnym celem jest wyeliminowanie różnic gospodarczych i społecznych, występujących między państwami członkowskimi. W zależności od stopnia rozwoju gospodarczego poszczególne regiony Unii Europejskiej zostały przydzielone do realizacji dwóch celów głównych: konwergencji oraz podniesienia konkurencyjności regionalnej i zatrudnienia (rys. 2). Ponadto wszystkie państwa członkowskie zobowiązały się realizować trzeci cel polityki spójności – europejską współpracę terytorialną. Polska w latach 2007-2013 została objęta w całości realizacją celu konwergencji, na który przeznaczono największą część (81,5%) budżetu polityki regionalnej – 283,3 mld euro (KE, 2012).

Dokumentem określającym priorytety i obszary wykorzystania środków finansowych z funduszy unijnych są Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia (NSRO), zamiennie określane jako Narodowa Strategia Spójności (MRR, 2006). Celem strategicznym Polski jest *tworzenie warunków dla wzrostu konkurencyjności gospodarki opartej na wiedzy i przedsiębiorczości, zapewniającej wzrost zatrudnienia oraz wzrost poziomu spójności społecznej, gospodarczej i przestrzennej* (NSRO, 2007). Zostanie on osiągnięty przez realizację sześciu celów horyzontalnych (tab. 1), które są zgodne z priorytetami horyzontalnymi polityki spójności UE.

**Tabela 1.** Cele horyzontalne Narodowych Strategicznych Ram Odniesienia wraz z szacunkowym podziałem środków finansowych przeznaczonych na ich realizację (NSRO, 2007)

Cele horyzontalne NSRO		Udział środków przewidzianych na realizację NSRO
Cel 1	Poprawa jakości funkcjonowania instytucji publicznych oraz rozbudowa mechanizmów partnerstwa.	4%
Cel 2	Poprawa jakości kapitału ludzkiego i zwiększenie spójności społecznej.	10%
Cel 3	Budowa i modernizacja infrastruktury technicznej i społecznej mającej podstawowe znaczenie dla wzrostu konkurencyjności Polski.	42%
Cel 4	Podniesienie konkurencyjności i innowacyjności przedsiębiorstw, w tym szczególnie sektora wytwórczego o wysokiej wartości dodanej oraz rozwój sektora usług.	22%
Cel 5	Wzrost konkurencyjności polskich regionów i przeciwdziałanie ich marginalizacji społecznej, gospodarczej i przestrzennej.	22%
Cel 6	Wyrównywanie szans rozwojowych i wspomaganie zmian strukturalnych na obszarach wiejskich.	

## Metodyka oceny wykorzystania funduszy europejskich

Do realizacji celów NSRO mają służyć środki finansowe pozyskiwane z dwóch funduszy strukturalnych: Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR) i Europejskiego Funduszu Społecznego (EFS) oraz Funduszu Spójności (FS), w ramach sześciu krajowych programów operacyjnych i szesnastu programów regionalnych. Zaproponowano trzy podejścia oceniające różne aspekty wykorzystania środków unijnych, opierające się o możliwości analityczne oprogramowania GIS. Pierwsze z nich zakłada utworzenie matematycznego współczynnika wpływu środków unijnych na wskaźniki realizacji NSRO (§1), drugie – wykorzystanie statystyki przestrzennej do badania autokorelacji danych wejściowych (§2), a trzecie – interpolację przestrzenną za pomocą metod geostatystycznych (§3). Ponieważ z każdego podejścia wynikają różne wnioski, zostały one zawarte w kolejnych paragrafach i ponownie przywołane w podsumowaniu. Niezbędne do wykonania analiz zbiory danych przestrzennych (w tym PRG, BDO, TERYT, Bank Danych Lokalnych, Baza Danych Kodów Poczтовых oraz bank danych o projektach unijnych z SIMIK), zostały przygotowane i zharmonizowane we wcześniej opracowanej strukturze bazy danych (Marczak, Pluto-Kossakowska, 2014).

### §1. Ocena realizacji założeń Narodowej Strategii Spójności

Trudność oceny realizacji tak dużego przedsięwzięcia jakim jest wdrażanie założeń NSRO, za pomocą środków z funduszy strukturalnych polega na tym, iż proces ten jest niezwykle złożony, dotyka wielu dziedzin życia (komponent tematyczny) i kilkunastu regionów geograficznych (komponent przestrzenny). Jednak ze względu na odniesienie przestrzenne, możliwe jest wykorzystanie technologii SIP do realizacji tego zadania. Pierwszym etapem badań było przyjęcie następujących założeń:

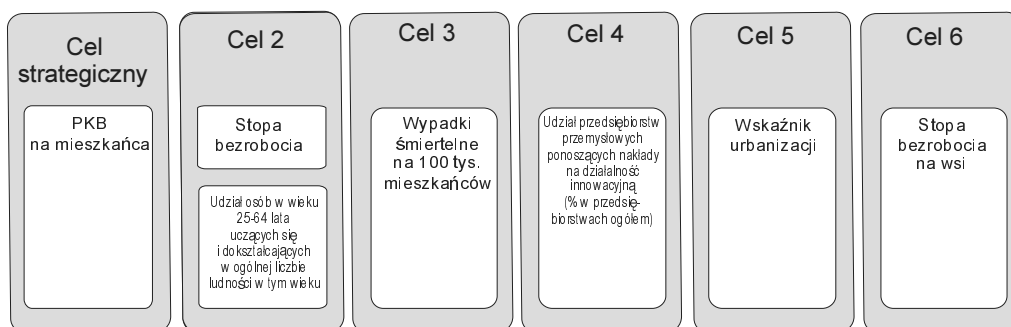
- Wpływ na realizację celów NSRO mają tylko projekty zakończone.

- Na ocenę wykorzystywania funduszy strukturalnych ma wpływ tylko wartość dofinansowania UE do poszczególnych projektów.
- Przyjęto wybrane wskaźniki realizacji założeń NSRO używane w pracach sprawozdawczych Ministerstwa Rozwoju Regionalnego.
- Dane dotyczące wskaźników realizacji NSRO istnieją tylko dla poziomu wojewódzkiego, należy zagregować projekty realizowane na poziomach powiatowych i gminnych.
- Utworzenie współczynnika wpływu wartości dofinansowania UE na wartość wskaźników realizacji NSRO pozwoli na ocenę wykorzystywania funduszy strukturalnych przez poszczególne województwa Polski.

Ministerstwo Rozwoju Regionalnego w swoich pracach sprawozdawczych wykorzystuje kilkanaście wskaźników realizacji NSRO (MRR, 2009). W większości są one udostępniane przez Główny Urząd Statystyczny i dotyczą sytuacji społecznej, ekonomicznej i demograficznej państwa. Każdy wskaźnik opisuje cel strategiczny, bądź jeden z sześciu celów horyzontalnych (NSRO, 2007). Podejście takie dostarcza jedynie informacji o poprawie, bądź pogorszeniu wartości danego wskaźnika, bez uwzględnienia środków finansowych, które zostały przeznaczone na realizację celu, przez niego opisywanego. W niniejszej pracy podjęto próbę oceny wpływu środków pozyskiwanych z funduszy strukturalnych na poprawę wartości wskaźników realizacji NSRO, a co za tym idzie na realizację celów NSRO. W tym celu do dalszych analiz wybrano 7 wskaźników realizacji NSRO (rys. 1).

Potrzebne dane pozyskano z Banku Danych Lokalnych, dla każdego roku realizacji NSRO (okres 2007-2011) i jednostek terytorialnych. Dwa wskaźniki – stopa bezrobocia i wskaźnik urbanizacji – były dostępne na poziomie powiatowym, natomiast pozostałe – na wojewódzkim, dlatego też województwo zostało wybrane jako jednostka odniesienia do dalszych analiz. Niestety nie udostępniono jeszcze danych za rok 2012, dlatego też rok ten nie mógł być uwzględniony w kolejnych etapach analiz. Przyjęto, że na wartość wskaźników realizacji NSRO w danym roku miały wpływ środki finansowe pozyskane od 2007 roku, aż do badanego roku. Na wskaźniki opisujące poszczególne cele horyzontalne wpływają środki z wybranych programów operacyjnych (NSRO, 2007). Natomiast na realizację celu strategicznego mają wpływ środki pozyskane ze wszystkich programów operacyjnych.

Wpływ środków unijnych na realizację celów NSRO badano dwoma sposobami: wizualnym – przybliżonym oraz matematycznym – ścisłym. Pierwszy z nich zakładał utworzenie kartogramu złożonego, przedstawiającego relacje zachodzące między danym wskaźnikiem



**Rysunek 1.** Wybrane wskaźniki realizacji NSRO w zależności od celu Narodowej Strategii Spójności

a pozyskanymi środkami finansowymi (rys. 3). Natomiast drugi polegał na utworzeniu matematycznego współczynnika i kalkulacji dla każdego roku.

Pierwsze proponowane rozwiązanie, w sposób przybliżony przedstawia zjawisko wpływu funduszy na wzrost PKB w województwach. Pozwala jednak na szybkie wykrycie zależności zarówno między zmiennymi, jak i poszczególnymi jednostkami odniesienia. Dla województw o najwyższym PKB na mieszkańca zostało przeznaczonych najmniej środków unijnych. W trzech województwach o największym dofinansowaniu – Lubuskim, Opolskim i Świętokrzyskim poziom PKB oscyluje wokół średniej krajowej. Można zatem wyciągnąć wstępny wniosek, że środki te zostały efektywnie zagospodarowane.

Dużą wadą tego podejścia jest podział na klasy, który nie oddaje relacji zachodzących w obrębie jednej klasy. Ponadto województwo również nie jest porównywalną jednostką odniesienia – występują zbyt duże różnice powierzchni, a także liczby mieszkańców. Nie jest również możliwe porównanie wartości zmiennych dla kilku lat, co znacznie ułatwiłoby analizę wyników.

Bardziej dokładnym sposobem analizy wykorzystywania środków z funduszy strukturalnych było utworzenie wskaźnika wpływu :

$$W_{\text{wpływu}} = P_w \cdot S_D$$

gdzie:

- $W_{\text{wpływu}}$  – wskaźnik wpływu w danym roku
- $P_w$  – ocena badanego wskaźnika realizacji NSRO w danym roku wyrażona w punktach
- $S_D$  – suma dofinansowania UE od 2007 roku do roku badanego w danym województwie

Do jego utworzenia przyjęto następujące założenia:

- wpływ wskaźników realizacji NSRO uwzględniono poprzez przypisanie punktów poszczególnym województwom,
- wpływ funduszy strukturalnych uwzględniono poprzez wyrażenie wartości sumy dofinansowania UE w mld zł.

Wskaźnik wpływu w prosty sposób umożliwia porównanie wartości badanej dla dwóch lat, daje to możliwość oceny wykorzystywania środków z funduszy strukturalnych od początku obowiązywania NSRO do chwili obecnej (rys. 4).

Pewnego rodzaju ograniczeniem jest fakt, że dla każdego badanego roku wartości wskaźnika przyjmują różne wartości. Dzieje się tak dlatego, że do jego obliczenia brane są pod uwagę wszystkie projekty realizowane od początku obowiązywania NSRO do roku badanego. W związku z tym dla roku 2008 wskaźnik przyjmuje wartości najmniejsze, a dla roku 2011 największe. Dlatego też obliczone wartości wskaźników poddano normalizacji do wartości  $[-1;1]$ . Sposób interpretacji wyników znormalizowanego wskaźnika wpływu jest następujący:

- wartość wskaźnika dążąca do -1 oznacza otrzymywanie dużych sum środków finansowych na realizację celów NSRO przy jednocześnie niskiej wartości badanego wskaźnika realizacji NSRO,
- wartość wskaźnika oscylująca wokół 0 oznacza zarówno średnie wartości otrzymywanych środków finansowych, jak i wartości badanego wskaźnika realizacji NSRO,
- wartość wskaźnika dążąca do 1 oznacza wysokie wartości wskaźnika realizacji NSRO przy umiarkowanej wartości dofinansowania UE.

Za przykład niech posłuży badanie realizacji celu szóstego NSRO wyrażone poprzez wartość stopy bezrobocia na wsi w poszczególnych województwach i latach (rys. 4). Pozwala ono na wyciągnięcie następujących wniosków:

- w województwie podkarpackim pomimo dużego dofinansowania z RPO i PORPW zwiększyła się stopa bezrobocia na wsi,
- w województwie dolnośląskim wysokie wartości środków pozyskiwanych w ramach RPO nie miały wpływu na spadek stopy bezrobocia na wsi,
- w województwach mazowieckim, lubelskim, świętokrzyskim, warmińsko-mazurskim i opolskim dzięki środkom z RPO i PORPW zmniejszyła się stopa bezrobocia na wsi, przy czym największa zmiana miała miejsce w województwie mazowieckim, co pozwala sądzić, że w nim najlepiej wykorzystano środki finansowe przeznaczone na realizację 6 celu strategicznego polityki spójności.

Innym utrudnieniem w interpretacji wyników jest fakt, że pierwsze projekty realizowane w ramach części programów operacyjnych dla niektórych województw zostały zakończone dopiero w 2009 lub 2010 roku. Skutkuje to tym, że wartość wskaźnika wpływu dla tych województw wynosi 0, co powoduje utratę informacji o wartości wskaźnika realizacji NSRO. Za przykład może posłużyć program innowacyjna gospodarka, dla którego w roku 2008, aż w dziewięciu województwach nie został zakończony żaden projekt. Badany wskaźnik – udział przedsiębiorstw przemysłowych ponoszących nakłady na działalność innowacyjną nie był zatem poddany normalizacji i nie został uwzględniony w interpretacji wyników (rys. 5). Mimo to możliwe jest wyciągnięcie pewnych wniosków dotyczących realizacji tego celu w okresie od 2007 do 2011 roku:

- środki z POIG najlepiej wykorzystywane są w województwie mazowieckim – najwyższe wartości znormalizowanego współczynnika wpływu w latach 2008 i 2011, a także w województwie śląskim, w którym wskaźnik innowacyjnych przedsiębiorstw znacząco wzrósł w latach 2008-2011,
- w województwie kujawsko-pomorskim mimo dosyć wysokich wartości dofinansowania z POIG wskaźnik innowacyjnych przedsiębiorstw w latach 2008-2011 nie wzrósł,
- mimo dużych wartości środków finansowych na projekty z POIG w województwie łódzkim wskaźnik innowacyjnych przedsiębiorstw nie wzrósł.

## §2. Analiza wykorzystywania funduszy strukturalnych

Analizując charakter zjawiska jakim jest pozyskiwanie funduszy europejskich w poszczególnych jednostkach podziału terytorialnego kraju, można wysunąć hipotezę, że jednostki położone bliżej siebie uzyskują środki finansowe o zbliżonej wartości. Powyższe twierdzenie odnosi się do pierwszego prawa geografii Toblera (1970), które brzmi: *Wszystko jest powiązane ze sobą, ale bliższe obiekty są bardziej zależne od siebie niż odległe*. Do badania zależności przestrzennej służy statystyka przestrzenna, która dostarcza globalnych i lokalnych miar autokorelacji. Najczęściej stosowanymi miarami autokorelacji są statystyki Morana: globalny i lokalny współczynnik Morana (Janc, 2006).

Globalna statystyka I Morana służy określeniu siły i charakteru autokorelacji w całym badanym zbiorze (Janc, 2006). Wartości statystyki mieszczą się w przedziale  $<-1,1>$  i są interpretowane następująco (Sikora, 2009):

- $I > 0$  – zachodzi dodatnia autokorelacja przestrzenna – wartości obserwacji bliskich są podobne tworząc skupiska przestrzenne tzw. klastry przestrzenne;

- $I < 0$  – zachodzi ujemna autokorelacja przestrzenna – różne wartości obserwacji są położone blisko siebie;
- $I = 0$  – brak autokorelacji – wartości obserwacji są rozłożone losowo.

W celu identyfikacji skorelowanych układów przestrzennych stosuje się lokalny współczynnik Morana. Pozwala on określić podobieństwo jednostki przestrzennej do sąsiadów i istotność statystyczną tego związku. Dla każdej jednostki otrzymuje się jedno z rozwiązań (Janc, 2006):

- HH – jednostka o wysokiej wartości z sąsiadami o podobnych wartościach (*hot spot*),
- LL – jednostka o niskiej wartości z sąsiadami o podobnych wartościach (*cold spot*),
- HL – jednostka z wysoką wartością z sąsiadami o niskich wartościach – potencjalna jednostka odstająca (*outlier*),
- LH – jednostka z niską wartością z sąsiadami o wysokich wartościach – potencjalna jednostka odstająca (*outlier*),
- jednostka bez istotnej statystycznie lokalnej autokorelacji.

Globalne współczynniki I Morana zostały obliczone dla dwóch statystyk – wartości realizowanych projektów i dofinansowania UE, zagregowanych do poziomu gmin i powiatów w podziale na poszczególne programy operacyjne (tab. 2).

**Tabela 2.** Obliczone globalne współczynniki I Morana w podziale na programy operacyjne

Program operacyjny	POIG		POIS		POKL		RPO		SUMA	
Statystyka	Jednostki administracyjne									
	GMI	POW	GMI	POW	GMI	POW	GMI	POW	GMI	POW
Wartość projektów	0,033	0,018	0,076	0,065	0,031	0,249	0,046	0,389	0,058	0,066
Dofinansowanie UE	0,028	0,049	0,087	0,083	0,032	0,248	0,042	0,378	0,059	0,083

Z uzyskanych wyników można wysnuć wniosek, że zarówno projekty realizowane na poziomie gmin jak i powiatów w ramach POKL i RPO są realizowane wspólnie z sąsiednimi jednostkami podziału administracyjnego. Odwrotna zależność występuje dla programu POIG, co zgodne jest z jego charakterem – dotyczy on pojedynczych przedsiębiorców, którzy realizują projekty zazwyczaj na poziomie gminnym, a nie powiatowym. Ponadto można zauważyć, że zarówno gminy jak i powiaty łączą się w celu realizacji projektów z POIS. Należy pamiętać, że projekty finansowane z POIS są zazwyczaj dużymi projektami infrastrukturalnymi, a co za tym idzie zasadne wydaje się połączenie kilku gmin w ramach realizacji wspólnego projektu, co potwierdza wykonana analiza.

Globalny współczynnik I Morana obliczono również dla jednego ze wskaźników realizacji NSRO – stopy bezrobocia. Otrzymane wyniki: 0,52 w roku 2007 i 0,48 w roku 2011, wskazują na silną dodatnią autokorelację zachodzącą w badanym zbiorze, dla obu analizowanych okresów. Spadek wartości współczynnika świadczy o zachodzeniu dywergencji – wyrównywaniu wskaźnika stopy bezrobocia do wspólnej średniej. Co z kolei dowodzi realizacji jednego z głównych założeń polityki spójności.

Kolejnym etapem analizy było obliczenie lokalnych współczynników Morana i identyfikacja skupisk gmin lub powiatów, w których realizowano projekty o podobnej wysokiej lub niskiej sumie wartości istotnej statystycznie. Dla projektów realizowanych na poziomie gmin

potwierdzony został wynik otrzymany w statystyce I Morana, a mianowicie, że występuje nieznaczna autokorelacja dodatnia w badanym zbiorze. Zdecydowanie przeważają gminy grupujące się w klastry o podobnych wysokich wartościach zmiennej w tym przypadku wartości projektów realizowanych w ramach poszczególnych PO. Zdecydowanie mniej występuje gmin odstających od swoich sąsiadów, ponadto stwierdzono brak grupowania gmin o podobnych niskich wartościach badanej zmiennej. Oznacza to, że w żadnej gminie w Polsce nie jest pozyskiwanych istotnie mniej środków z funduszy strukturalnych w porównaniu do gmin sąsiednich.

Analiza wyników otrzymanych dla projektów realizowanych na poziomie powiatów dowodzi, że największe zróżnicowanie kategorii, do których zostały przyporządkowane powiaty występuje dla POKL, natomiast najmniejsze dla RPO (rys. 6). Występowanie skupisk powiatów o niskiej wartości projektów realizowanych w ramach POKL spowodowane jest najprawdopodobniej małą liczbą ludności, gdyż program ten jest kierowany głównie do mieszkańców. Skupiska powiatów o istotnie wyższej wartości projektów świadczą o wyjątkowej potrzebie inwestycji w Kapitał Ludzki w tych regionach. Na uwagę zasługuje również duże podobieństwo rozkładu przestrzennego powiatów realizujących projekty z POIS oraz sumy projektów ze wszystkich PO, wynikający z tego iż wartość projektów realizowanych z POIS stanowiła duży procent sumy wszystkich projektów realizowanych w danym powiecie.

Lokalną autokorelację obliczono również dla wartości stopy bezrobocia w roku 2007 i 2011 (rys. 7). Otrzymane wyniki doskonale wskazują skupiska powiatów, w których występuje wysoka lub niska stopa bezrobocia oraz zmianę, która zaszła między rokiem 2007 a 2011. Zmniejszenie stopy bezrobocia jest głównym założeniem 2 celu horyzontalnego NSRO, na którego realizację głównie przeznaczane są środki POKL. Porównując rozkład przestrzenny stopy bezrobocia w powiatach (rys. 7) i projektów realizowanych z POKL (rys. 6) można ocenić czy środki finansowe mają pozytywny wpływ na badany wskaźnik.

Mimo to, że stopa bezrobocia nie jest jedynym wskaźnikiem realizacji założeń NSRO otrzymane wyniki nie są zgodne z celami polityki spójności. W latach 2007-2011 liczba powiatów, w których zaobserwowano istotnie wyższą stopę bezrobocia wzrosła z 27% do 36%. Ponadto liczba powiatów o istotnie niższej stopie bezrobocia spadła z 47% do 41%. Rozkład przestrzenny obu rodzajów skupisk nie zmienił się znacznie na przestrzeni lat. Należy jednak pamiętać, że analiza ta nie bierze pod uwagę kryzysu, który rozpoczął się po 2008 roku i nie był przewidziany w założeniach NSRO. Jego wpływ na wzrost stopy bezrobocia nie tylko w Unii Europejskiej, ale również na całym świecie jest istotny.

### **§3. Analiza beneficjentów projektów unijnych z wykorzystaniem geostatystyki**

Wykonane do tej pory analizy dotyczyły miejsca realizacji projektów współfinansowanych z UE. Jednak należy pamiętać, że beneficjenci, którzy otrzymali środki finansowe często nie pochodzą z regionu, w którym projekt jest realizowany. Opisane poniżej analizy dotyczą projektów zakończonych odniesionych do miejsca zamieszkania bądź siedziby beneficjenta. W celu ich wykonania skorzystano z metod geostatystycznych interpolacji danych. Do tego celu wykorzystano: warstwę „miejscowości” z BDO, bazę kodów pocztowych oraz bazę zakończonych projektów współfinansowanych z UE, z których obliczono następujące statystyki: suma realizowanych projektów, średni czas realizacji projektu, średnia wartość projektu, średnie dofinansowanie UE, suma wartości projektów, suma dofinansowania UE i procent dofinansowania UE w sumie wartości projektów.

Chcąc wykorzystać geostatystyczne metody interpolacji należy zastanowić się nad charakterem badanego zjawiska. Biorąc pod uwagę, że najmniejszą jednostką podziału terytorialnego Polski jest miejscowość, którą z kolei zamieszkuje określona liczba ludności, można przyjąć, że pozyskiwanie funduszy europejskich przez beneficjentów (mieszkańców Polski) jest zjawiskiem quasi-ciągłym. Agregacja danych do poziomu gmin uniemożliwiłaby analizę zależności przestrzennych pochodzenia beneficjentów projektów unijnych wewnątrz tej jednostki. Słuszne zatem wydaje się zastosowanie geostatystyki w odniesieniu do badanego zjawiska.

Badaniami zjawisk losowych z uwzględnieniem wymiaru przestrzennego zajmuje się autonomiczna gałąź statystyki, zwana geostatystyką (Zawadzki, 2011). Różnica między tradycyjną statystyką, a geostatystyką związana jest z wyróżnieniem w tej drugiej dziedzinie tzw. zmiennej zregionalizowanej – jest to analizowany parametr opisujący zjawisko wraz z położeniem w przestrzeni geograficznej, który zmienia się w sposób nieregularny, przez co nie może być opisany matematyczną formułą (Namysłowska-Wilczyńska, 2006). Strukturę zmienności analizowanego parametru określa semiwariancja będąca funkcją zależności średniego zróżnicowania wartości parametru od odległości między punktami pomiarowymi. Wykres obliczonej funkcji nosi nazwę semiwariogramu empirycznego, który jest wykresem punktowym co uniemożliwia jego wykorzystanie w procesie estymacyjnym. W procesie interpolacji jest on przybliżany za pomocą funkcji analitycznych tzw. modeli teoretycznych semiwariogramów (Namysłowska, Pyra, 2005). W niniejszej pracy skorzystano z jednej z metod interpolacji geostatystycznej – krigingu, który estymuje średnie wartości zmiennych zregionalizowanych. Wartości te są interpolowane na podstawie średniej ważonej z otaczających punktów, natomiast wagi obliczone są z modelu przestrzennej korelacji i zoptymalizowane są w taki sposób, aby zredukować różnorodność wartości prognozowanych. Dużą zaletą metod geostatystycznych jest możliwość obliczenia błędu interpolacji, który określa stopień zaufania do otrzymanego wyniku. Do analizy dokładności modeli służy kross-walidacja (wg innych autorów walidacja wzajemna), która jest procesem szacującym wartość badanego parametru dla każdego punktu na podstawie modelu wybranego semiwariogramu teoretycznego. Następnie szacunek ten jest porównywany do wejściowej wartości parametru w danym punkcie w celu obliczenia błędu modelu (Namysłowska-Wilczyńska, 2006). Średnia błędu standaryzowanego powinna dążyć do 0, jego istotnie dodatnia lub ujemna wartość może świadczyć o przeszacowaniu lub niedoszacowaniu badanych wartości. Błąd średni kwadratowy standaryzowany bliski 1 świadczy o wysokim stopniu dopasowania modelu teoretycznego do empirycznego (Namysłowska-Wilczyńska, 2006).

Wykonanie interpolacji metodami geostatystycznymi jest procesem iteracyjnym, związanym z dostosowywaniem semiwariogramu teoretycznego do empirycznego. W niniejszej pracy do tego celu wykorzystano oprogramowanie ArcGIS, które umożliwia analizę danych wejściowych, wykonanie kilku rodzajów krigingu, a także obliczenie błędów interpolacji. Dla każdej z obliczonych statystyk wykonano interpolację przy pomocy trzech rodzajów krigingu – zwykłego, prostego i uniwersalnego. Zastosowano parametry interpolacji, które maksymalizują stopień zaufania do otrzymanego wyniku wyrażonego przez parametry dokładnościowe (tab. 3 i 4).

Biorąc pod uwagę otrzymane parametry dokładnościowe, należy zauważyć, że dla dwóch rodzajów krigingu – zwykłego i uniwersalnego występuje niedoszacowanie badanego parametru, natomiast powstałe powierzchnie statystyczne są do siebie bardzo zbliżone (rys. 8).



**Tabela 3.** Parametry dokładnościowe wyników uzyskanych przy pomocy trzech rodzajów kriginu dla średniego czasu realizacji projektów unijnych

Rodzaj kriginu	Średnia błędu [dni]	Wariancja błędu [dni <sup>2</sup> ]	Średnia błędu standaryzowanego	Błąd średni kwadratowy standaryzowany
Zwykły	2,09	172,00	-0,008	0,992
Prosty	0,78	168,87	0,005	1,006
Uniwersalny	-0,61	176,96	-0,046	1,004

Dla kriginu uniwersalnego średnia błędu standaryzowanego jest o rząd wielkości wyższa niż dla pozostałych rodzajów, co pozwala sądzić, iż rodzaj ten nie jest optymalny dla opisywanego zagadnienia. Wyniki walidacji wzajemnej dla kriginu prostego i zwykłego świadczą o poprawnym dopasowaniu modeli teoretycznych do semiwariogramów empirycznych dla średniego czasu realizacji projektów unijnych. Jednak biorąc pod uwagę, iż średnia błędu standaryzowanego powinna dążyć do 0, a błąd średni kwadratowy standaryzowany do 1 najbardziej optymalnym rodzajem interpolacji okazał się krigin prosty.

Analizując wyniki walidacji wzajemnej dla pozostałych badanych parametrów – sumy wartości projektów unijnych, sumy dofinansowania UE, średniej wartości projektów unijnych i średniej wartości dofinansowania UE również uznano krigin prosty za najbardziej

**Tabela 4.** Parametry dokładnościowe wyników uzyskanych przy pomocy trzech rodzajów kriginu dla sumy wartości projektów unijnych, sumy dofinansowania UE, średniej wartości projektów unijnych i średniej wartości dofinansowania UE

Rodzaj kriginu	Średnia błędu [mld zł]	Wariancja błędu [mln zł <sup>2</sup> ]	Średnia błędu standaryzowanego	Błąd średni kwadratowy standaryzowany
Suma wartości projektów				
Zwykły	-0,0033	0,358	-0,040	0,993
Prosty	0,0005	0,356	-0,003	1,003
Uniwersalny	0,0066	0,360	-0,058	0,953
Suma dofinansowania UE				
Zwykły	-0,002	0,189	-0,048	1,091
Prosty	-0,004	0,188	-0,021	1,077
Uniwersalny	0,002	0,189	-0,045	0,914
	[mln zł]	[mln zł <sup>2</sup> ]		
Średnia wartość projektów				
Zwykły	0,154	1,592	0,020	0,996
Prosty	0,050	1,550	0,016	0,997
Uniwersalny	0,028	1,575	0,016	0,870
Średnie dofinansowanie UE				
Zwykły	0,030	0,664	-0,046	1,013
Prosty	0,022	0,640	0,027	0,993
Uniwersalny	0,051	0,738	-0,092	1,011

odpowiedni (tab. 4). Dla dwóch pierwszych parametrów występuje niedoszacowanie otrzymanych wartości dla wszystkich rodzajów krigingu. Najlepsze dopasowanie modelu teoretycznego do empirycznego uzyskano dla krigingu prostego dla sumy oraz średniej wartości projektów unijnych.

Jak w każdej interpolacji rozmieszczenie danych wejściowych wpływa na otrzymane wyniki. Jednak w przeprowadzonej analizie nie zmienia się ono w kolejnych analizach, natomiast otrzymane wyniki znacznie się różnią zarówno pod względem jakościowym jak i dokładnościowym (tab. 4). Wynika z tego, że znaczący wpływ na estymację mają wartości atrybutów przyjmowanych przez poszczególne obiekty oraz różnice między nimi. Dobrym przykładem jest suma projektów realizowanych przez beneficjentów pochodzących z różnych miejscowości – w Warszawie była to liczba 3850, natomiast w wielu innych miejscowościach wynosiła zaledwie 1. Ponadto brak danych spoza analizowanego obszaru Polski sprawia, że powierzchnia wynikowa jest zniekształcona w regionach granicznych (rys. 8 i 9).

Wykonana estymacja daje pewien ogólny pogląd na wykorzystywanie środków z UE przez beneficjentów w Polsce. Metoda ta pozwala na identyfikację generalnych tendencji występujących wewnątrz granic Polski – wyraźnie wskazuje większą aktywność beneficjentów z miast wojewódzkich i zdecydowanie mniejszą – z miast leżących na granicy dwóch województw (rys. 9). Ponadto można zauważyć wysoką aktywność beneficjentów z Polski południowo-wschodniej oraz niską w północno-zachodniej i zachodniej części kraju.

## Wnioski i podsumowanie

Badane w niniejszej pracy zjawisko – wykorzystywanie środków z funduszy strukturalnych w Polsce – jest materiałem analitycznym, dla którego ma zastosowanie statystyka przestrzenna. Wykonane analizy i przetworzenia z wykorzystaniem tych metod dostarczyły wielu wniosków i informacji uzupełnionych komponentem przestrzennym.

Wykorzystanie wizualizacji i utworzonego na potrzeby opracowania wskaźnika wpływu środków z funduszy strukturalnych na realizację NSRO wymagało najmniejszej wiedzy teoretycznej, przy jednoczesnym uzyskaniu zadowalających wyników. Przedstawiona analiza umożliwiła porównanie wykorzystywania dofinansowania UE w poszczególnych latach obowiązywania NSRO. Zastosowanie wskaźników realizacji NSRO używanych przez MRR pozwoliło na otrzymanie wyników, które mogą być bezpośrednio wykorzystane w opracowaniach sprawozdawczych. Dostępność danych statystycznych jedynie na poziomie wojewódzkim generalizuje badany problem. Ponadto utworzony wskaźnik nie oddaje wpływu takich czynników jak wpływ kryzysu gospodarczego na wskaźniki realizacji NSRO. Jego interpretacja powinna być zatem przeprowadzona z uwzględnieniem sytuacji ekonomicznej państwa. Budowa wskaźnika wymusza jakościową ocenę realizacji założeń NSRO, co sprawia, że może być on wykorzystany jedynie w celu identyfikacji ogólnych tendencji. Mimo to, dla osób posiadających wiedzę ekspercką dotyczącą opisywanych zagadnień może być pomocą w codziennej pracy i cennym źródłem informacji.

Wykorzystanie statystyki przestrzennej umożliwiło wskazanie regionów, w których realizowanych jest istotnie więcej projektów unijnych w porównaniu do obszarów sąsiednich. Globalne wskaźniki autokorelacji pozwoliły na identyfikację programów operacyjnych, które generują największą autokorelację przestrzenną jednostek podziału terytorialnego – były to Regionalne Programy Operacyjne i Program Operacyjny Kapitał Ludzki. Natomiast niskie

wartości autokorelacji świadczą o małych zależnościach wielkości dofinansowania od położenia geograficznego. Globalny wskaźnik autokorelacji przyjmował zdecydowanie większe wartości dla powiatów niż gmin, co zostało potwierdzone obliczeniami lokalnych wskaźników autokorelacji. Ich istotnie wyższe wartości dla POKL występowały dla regionów, w których występuje jedna z najwyższych stóp bezrobocia, a mianowicie w południowej części województwa mazowieckiego i północnej świętokrzyskiego. Ponieważ jednym z celów strategicznych tego programu jest zmniejszenie stopy bezrobocia, można stwierdzić że środki te wykorzystywane są w sposób optymalny. Ponadto stwierdzono, że w województwie małopolskim pozyskiwanych jest istotnie więcej środków unijnych z Regionalnego Programu Operacyjnego w porównaniu do województw sąsiednich. Pozytywny jest fakt, że jednostki podziału terytorialnego praktycznie nie tworzyły skupisk uzyskujących istotnie mniej środków finansowych z poszczególnych Programów Operacyjnych. W odniesieniu do niniejszej analizy optymalne wydaje się zastosowanie powiatu jako jednostki odniesienia przestrzennego. Zastosowanie metod geostatystycznych pozwoliło na identyfikację miast i regionów, w których występuje wysoka bądź niska aktywność beneficjentów. Najwięcej projektów realizują beneficjenci z miast wojewódzkich przy jednocześnie niskim stopniu dofinansowania UE. Wysokie wartości dofinansowania uzyskiwane są w miejscach gdzie realizowanych jest najmniej projektów unijnych. Beneficjenci z południowej i południowo-zachodniej Polski pozyskują najwyższe średnie dofinansowanie UE, natomiast beneficjenci z Polski zachodniej i północno-zachodniej – najniższe.

Analizy geostatystyczne wymagają dużej wiedzy teoretycznej i zrozumienia działania wykorzystanych algorytmów. Poprawne zastosowanie tej metody wymaga znajomości badanego zjawiska i powinno być poprzedzone właściwym przygotowaniem i ujednoczeniem danych wejściowych. Uzyskane wyniki są zależne od rozkładu wartości zmiennej i zastosowanego rodzaju interpolacji. Możliwość oceny dokładności pozwala na określenie stopnia zaufania do otrzymanych rezultatów i decyzji o ich dalszym wykorzystaniu. Otrzymane wyniki walidacji wzajemnej świadczą o słuszności zastosowania kriginu do analizy aktywności beneficjentów projektów unijnych. Przedstawione w niniejszej pracy konkretne metody geostatystyczne do analizy wykorzystywania funduszy strukturalnych są jedynie przykładowymi możliwościami i mogą być rozbudowywane zgodnie z potrzebami użytkownika.

### Literatura

- Janc K., 2006: Zjawisko autokorelacji przestrzennej na przykładzie statystyki I Morana oraz lokalnych wskaźników zależności przestrzennej (LISA) – wybrane zagadnienia metodyczne [W:] Komornicki T., Podgórski Z. (red.), Idee i praktyczny uniwersalizm geografii. *Dokumentacja Geograficzna* 33: 76-83. IGiPZ PAN, Warszawa.
- MRR, 2009: Sprawozdanie z realizacji w 2008 r. Narodowych Strategicznych Ram Odniesienia na lata 2007-2013, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa.
- Marczak S., Pluto-Kossakowska J., 2014: Bazy danych przestrzennych do analizy wykorzystywania funduszy europejskich w Polsce. *Roczniki Geomatyki* t. 12, z. 1(63), PTIP, Warszawa.
- Namysłowska-Wilczyńska B., 2006: Geostatystyka. Teoria i Zastosowania. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Namysłowska-Wilczyńska B., Pyra J., 2005: Analiza przestrzenna zawartości miedzi w środowisku gruntowodnym Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. *Roczniki Geomatyki* t. 3, z. 4, PTIP, Warszawa.
- NSRO, 2007: Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia 2007-2013 wspierające wzrost gospodarczy i zatrudnienie. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa.
- Zawadzki J., 2011: Metody geostatystyczne dla kierunków przyrodniczych i technicznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

**Źródła internetowe** (dostęp marzec 2013 r.)

MRR, 2006: [http://www.funduszeuropejskie.gov.pl/OrganizacjaFunduszyEuropejskich/Strony/czymsa\\_fundusze.aspx](http://www.funduszeuropejskie.gov.pl/OrganizacjaFunduszyEuropejskich/Strony/czymsa_fundusze.aspx)

Sobczak, E., 2009: [www.ans.pw.edu.pl/esobczak/files/NSS.ppt](http://www.ans.pw.edu.pl/esobczak/files/NSS.ppt)

KE, 2012: Komisja Europejska – Polityka Regionalna. [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/how/principles/index\\_pl.cfm](http://ec.europa.eu/regional_policy/how/principles/index_pl.cfm)

**Spis Skrótów**

BDO	– Baza Danych Ogólnogeograficznych
EFRR	– Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego
EFS	– Europejski Fundusz Społeczny
FS	– Fundusz Spójności
MRR	– Ministerstwo Rozwoju Regionalnego
NSRO	– Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia
PO	– Program Operacyjny
POIG	– Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka
POIS	– Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko
POKL	– Program Operacyjny Kapitał Ludzki
PORPW	– Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej
RPO	– Regionalny Program Operacyjny
SIP	– System Informacji Przestrzennej

**Streszczenie**

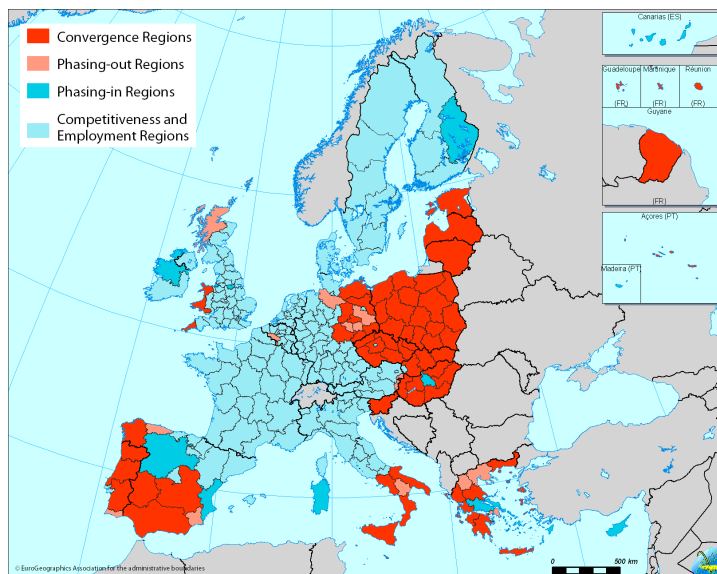
*W artykule opisano próbę zastosowania narzędzi statystyki przestrzennej do oceny wykorzystywania środków unijnych w Polsce. W tym celu zaproponowano trzy podejścia opierające się o możliwości analityczne oprogramowania GIS. Pierwsze z nich zakłada utworzenie matematycznego współczynnika wpływu środków unijnych na wskaźniki realizacji NSRO, drugie – wykorzystanie statystyki przestrzennej do badania autokorelacji danych wejściowych, a trzecie – interpolację przestrzenną za pomocą metod geostatystycznych. Wspólnym mianownikiem wszystkich analiz jest posiadanie wiedzy dotyczącej badanego zjawiska oraz poprawna interpretacja wyników, poprzedzona znajomością podstaw teoretycznych wykorzystanych algorytmów wraz z oceną poziomu zaufania i dokładności otrzymanych rezultatów.*

**Abstract**

*This paper describes an attempt to apply spatial analysis and geostatistical tools for evaluation of the use of EU funds in Poland. For this aim, three approaches based on the analytical capabilities of GIS software were proposed. First of them involves creation of a mathematical ratio of the impact of EU funds on the indicators of implementation of the NSRF, second – the use of spatial statistics for examination of the input data autocorrelation, and third – the spatial interpolation using geostatistical methods. The common factor of all these analyzes is knowledge regarding the phenomenon studied and correct interpretation of the results, preceded by knowledge of the theoretical foundations and the algorithms used.*

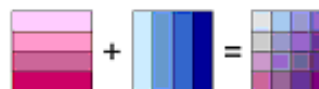
mgr inż. Sylwia Marczak  
sylwia.marczak1@gmail.com

dr inż. Joanna Pluto-Kossakowska  
jkossako@gik.pw.edu.pl  
tel. 22 235 7286

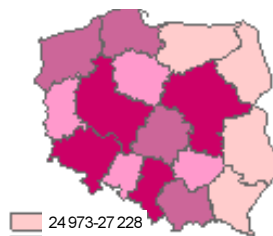


**Rysunek 2.** Regiony UE kwalifikowane w ramach celu „Konwergencja” (*Convergence*) oraz „Konkurencyjności i zatrudnienia” (*Competitiveness and Employment*); Regiony, w których PKB *per capita* przekracza 75% średniego PKB UE, ze względu na obniżenie jego poziomu związane z rozszerzeniem Wspólnoty, otrzymają wsparcie stopniowo znoszone (*phasing-out*); Regiony, które wcześniej były objęte celem „Konwergencja” otrzymają środki na stopniowe dojście do nowego celu „Konkurencyjność i zatrudnienie” (*phasing-in*) (Sobczak, 2009)

## OCENA WYKORZYSTYWANIA FUNDUSZY STRUKTURALNYCH W POLSCE

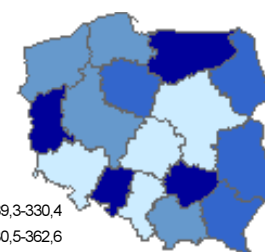


PKB na mieszkańca w 2010 r.



24 973-27 228  
27 229-31 348  
31 349-35 597  
35 598-60 359

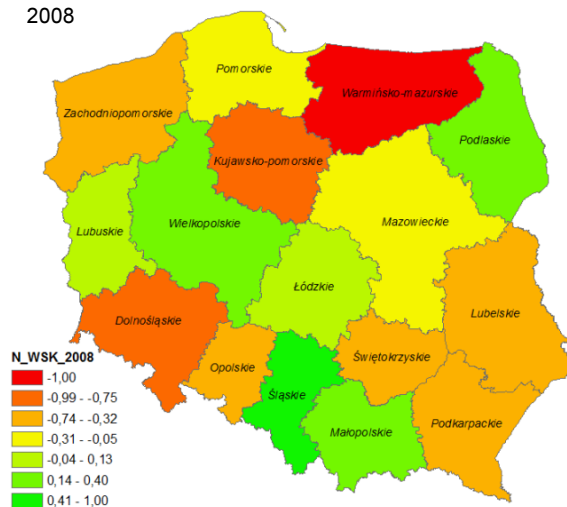
Wartość dofinansowania UE wszystkich projektów na 1 mieszkańca



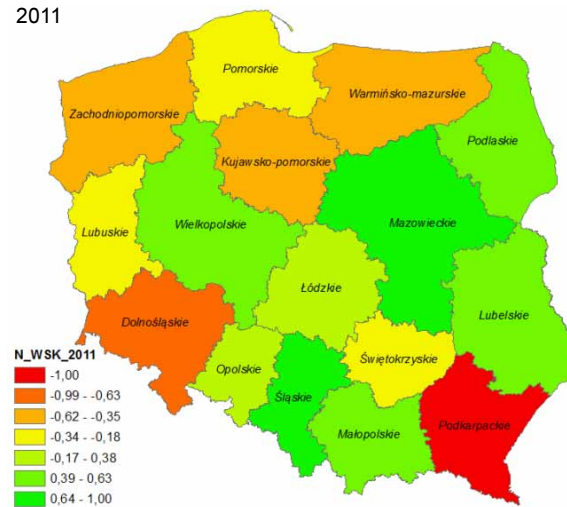
289,3-330,4  
330,5-362,6  
362,7-572,9  
573,0-646,9

**Rysunek 3.** Kompozycja wykorzystująca kartogram złożony do oceny realizacji wykorzystywania funduszy strukturalnych w Polsce, przykład dla 2010 roku

2008

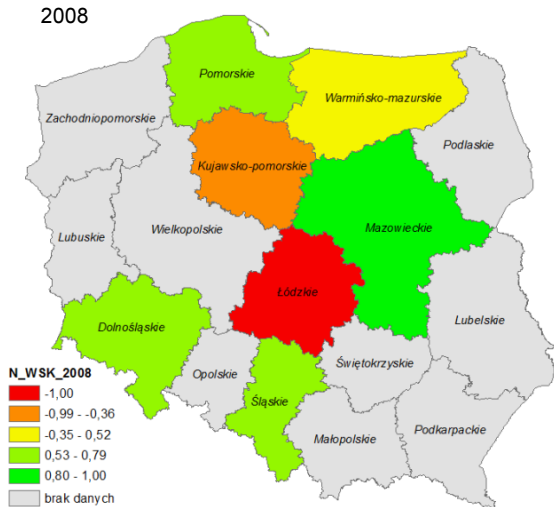


2011

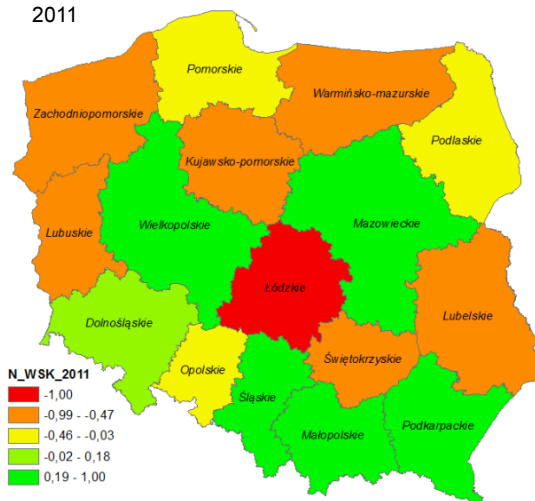


**Rysunek 4.** Obliczony znormalizowany wskaźnik wpływu środków unijnych na wartość stopy bezrobocia na wsi

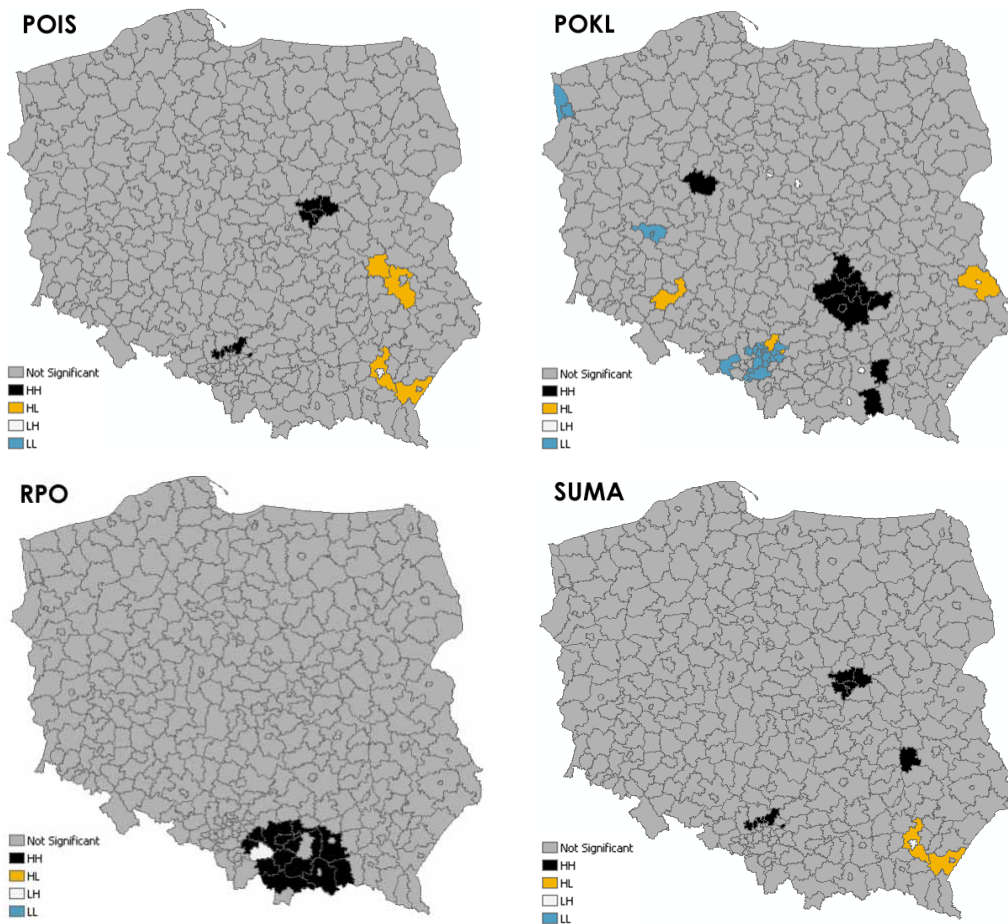
2008



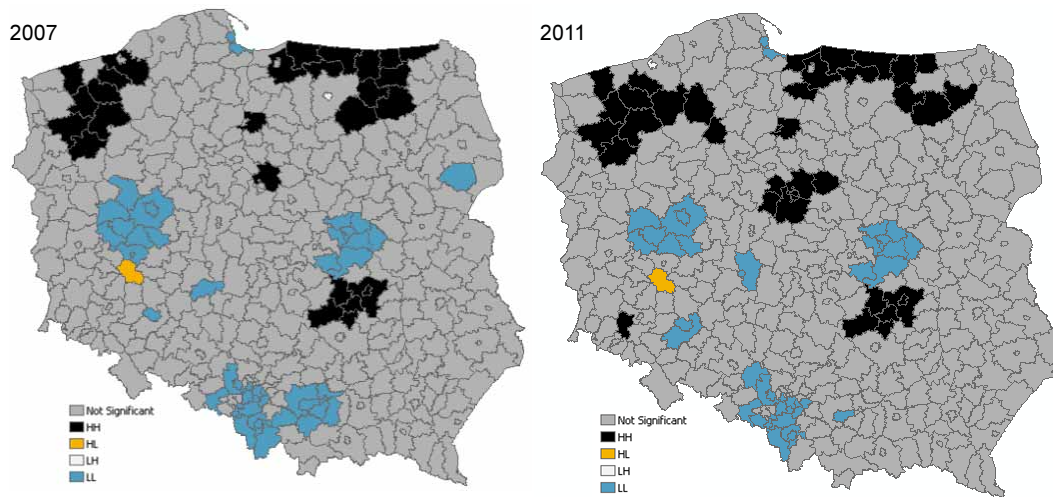
2011



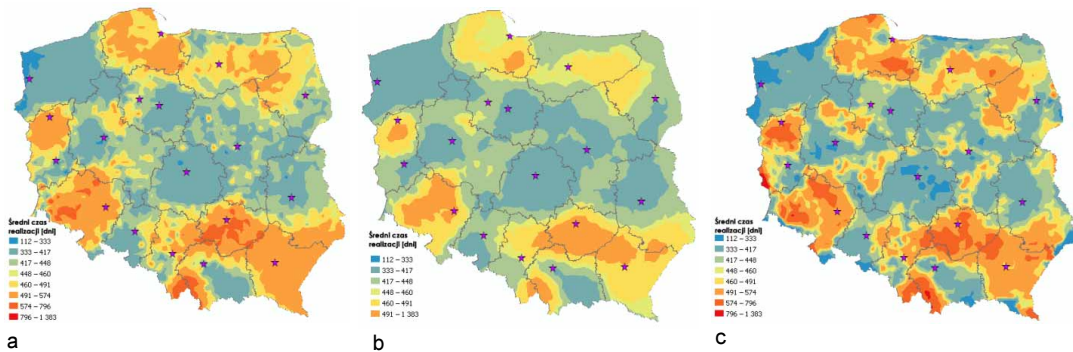
**Rysunek 5.** Znormalizowany wskaźnik wpływu środków z POIG na wartość udziału przedsiębiorstw przemysłowych ponoszących nakłady na działalność innowacyjną



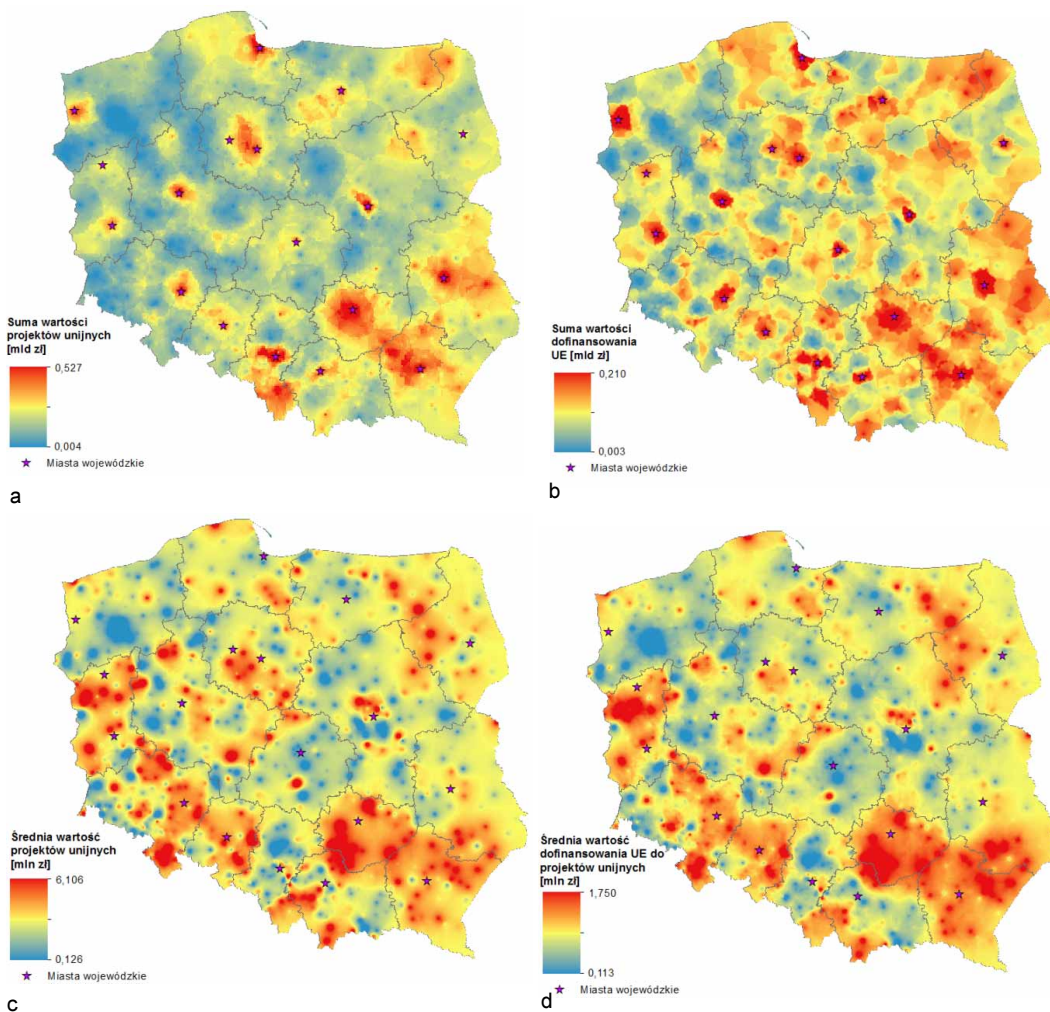
**Rysunek 6.** Wyniki obliczenia współczynników lokalnych Morana dla sumy wartości projektów realizowanych na poziomie powiatowym



**Rysunek 7.** Lokalny współczynnik I Morana dla stopy bezrobocia w dwóch latach realizacji NSRO



**Rysunek 8.** Wyniki interpolacji otrzymane dla średniego czasu realizacji projektów unijnych dla kringingu: a – zwykłego, b – prostego, c – uniwersalnego



**Rysunek 9.** Wyniki interpolacji metodą kringingu prostego dla następujących zmiennych: a – suma wartości projektów unijnych, b – suma wartości dofinansowania UE, c – średnia wartość projektów unijnych, d – średnia wartość dofinansowania UE