

## *Mobilność związana z pracą w ujęciu teorii grafów – analiza wybranych charakterystyk w latach 2006-2016*

Sylwia Filas-Przybył<sup>1,2</sup>, Tomasz Klimanek<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Urząd Statystyczny w Poznaniu

<sup>2</sup>Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu

<sup>3</sup>Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

*s.filas@stat.gov.pl, sylfil2@ext.amu.edu.pl  
t.klimanek@stat.gov.pl, tomasz.klimanek@ue.poznan.pl*

4 lipca 2022 r.

# Plan prezentacji

Cel

Dojazdy do pracy

Rozważane klasyfikacje

TERYT

DEGURBA

Delimitacja obszarów wiejskich (DOW)

Pakiet *igraph*

Charakterystyka pakietu *igraph*


Założenia analizy

Wybrane wyniki badania

Podsumowanie

## Cel

Cele prezentacji są trojakiego rodzaju:

- ▶ zaprezentowanie wybranych funkcjonalności pakietu *igraph* w  do przetwarzania macierzy dojazdów do pracy,
- ▶ omówienie wybranych parametrów strukturalnych grafu w kontekście interpretacji ich wielkości do pomiaru wybranych aspektów mobilności związanej z pracą,
- ▶ ocena zmian mobilności ludności w Polsce związanej z dojazdami do pracy w latach 2006-2011 w układach związanych z podziałem administracyjnym (województwa) oraz wybranych typologii gmin.



**Motywacja** - kontynuacja prac zaprezentowanych na Konferencji naukowej: „Spójność społeczna, gospodarcza i terytorialna a zrównoważony rozwój. Istota, znaczenie oraz zakres monitorowania” Wrzesień 2017 roku w Białowieży.

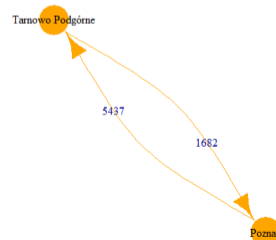
### Tytuł referatu:

Zastosowanie metod teorii grafów w przetwarzaniu, wizualizacji i analizie danych dotyczących dojazdów do pracy w Polsce

## Macierz przepływów

Kod gminy miejsca zamieszkania	Kod gminy miejsca pracy	Liczba osób	Gmina miejsca zamieszkania	Gmina miejsca pracy
3021172	3064011	1682	Tarnowo Podgórne	Poznań
3064011	3021172	5437	Poznań	Tarnowo Podgórne

Gmina zamieszkania \ Gmina pracy	...	Poznań	Tarnowo Podgórne	...
...	-			
Poznań		-	5437	
Tarnowo Podgórne		1682	-	
...				-



## Klasyfikacja TERYT

Krajowy rejestr urzędowy podziału terytorialnego kraju (TERYT) funkcjonuje w oparciu o przepisy:

- ▶ ustawa z dnia 29 czerwca 1995r. o statystyce publicznej(t.j. Dz. U. z 2018 poz. 997 z późn. zm.),
- ▶ rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 grudnia 1998r. w sprawie szczegółowych zasad prowadzenia, stosowania i udostępniania krajowego rejestru urzędowego podziału terytorialnego kraju oraz związanych z tym obowiązków organów administracji rządowej i jednostek samorządu terytorialnego (Dz. U. z 1998 r. Nr 157, poz. 1031 z późn. zm.).

Przez **miasta** rozumie się jednostki podziału terytorialnego kraju, które w myśl obowiązujących przepisów są gminami miejskimi oraz częściami miejskimi gmin miejsko -wiejskich.

Analogicznie do wsi zalicza się gminy wiejskie oraz części wiejskie gmin miejsko-wiejskich.

Rodzaj	Opis
1	Gmina miejska
2	Gmina wiejska
3	Gmina miejsko-wiejska
4	Miasto w gminie miejsko-wiejskiej
5	Obszar wiejski w gminie miejsko-wiejskiej

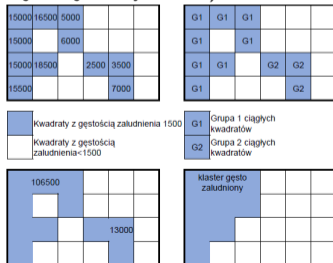
## DEGURBA

Klasyfikacja jednostek administracyjnych (LAU) oparta o liczbę ludności w siatce kwadratów o bokach 1 km.

KOD	OPIS
1	Obszary gęsto zaludnione
2	Obszary pośrednie
3	Obszary słabo zaludnione

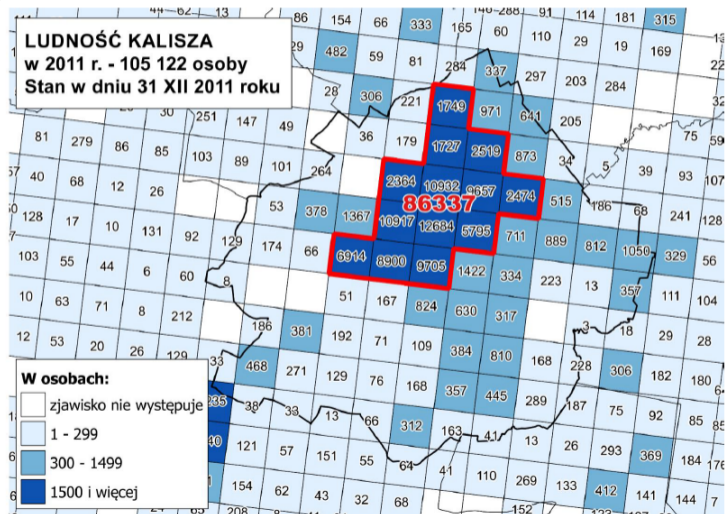
### Klasyfikowanie gminy do obszaru gęsto zaludnionego (kod 1)

Utworzenia klastra gęsto zaludnionego (grupy kwadratów o łącznej liczbie ludności przynajmniej 50 tys. osób, a w każdym z kwadratów co najmniej 1,5 tys. osób).



Przynajmniej 50% mieszkańców gminy mieszka co najmniej w jednym klastrze gęsto zaludnionym.

## DEGURBA – KOD 1



## DEGURBA – KOD 2

### Klasyfikowanie gminy do obszaru pośredniego(kod 2)

Utworzenia klastra miejskiego (grupa kwadratów o łącznej liczbie ludności przynajmniej 5 tys. osób, a w każdym z kwadratów co najmniej 300 osób).

400				550	2100
500		1000			400
1500	350				
2000	350				

Kwadraty z gęstością zaludnienia $\geq 300$
Kwadraty z gęstością zaludnienia $< 300$

7000					3500

G1				G2	G2
G1		G1			G2
G1	G1				
G1	G1				

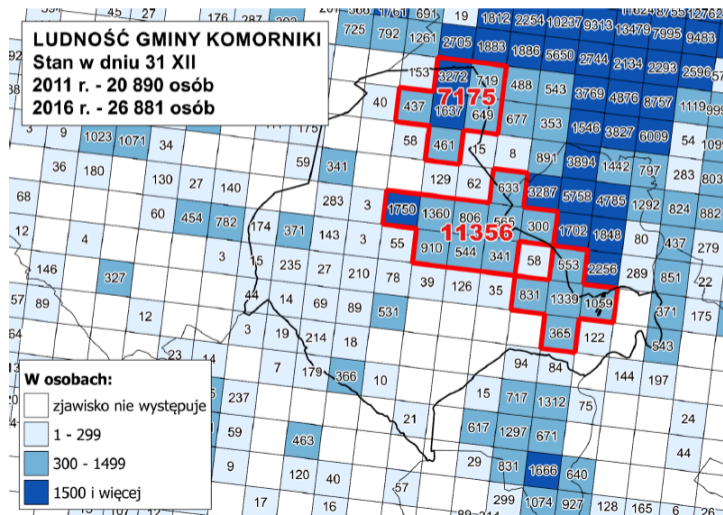
G1	Grupa 1 ciągłych kwadratów
G2	Grupa 2 ciągłych kwadratów

Klastr miejski					

Mniej niż 50%  
mieszkańców gminy  
mieszka w klastrze  
gęsto zaludnionym, ale  
przynajmniej 50%  
mieszka w klastrze  
miejskim



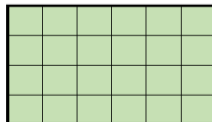
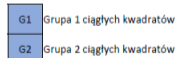
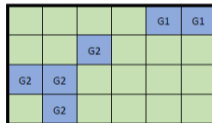
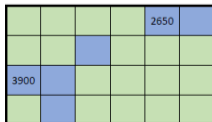
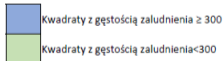
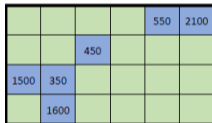
## DEGURBA – KOD 2



## DEGURBA – KOD 3

### Klasyfikowanie gminy do obszaru słabo zaludnionego(kod 3)

#### Identyfikacja kwadratów wiejskich



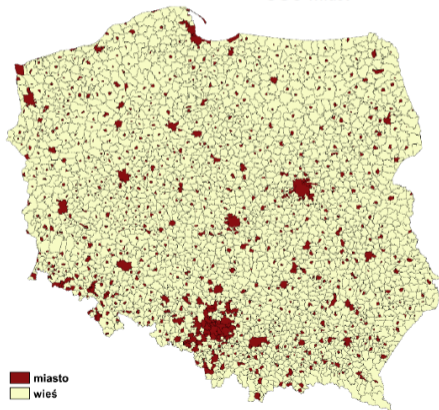
kwadrat wiejski

Więcej niż 50%  
mieszkańców gminy  
mieszka w komórkach  
wiejskich

## TERYT VS DEGURBA

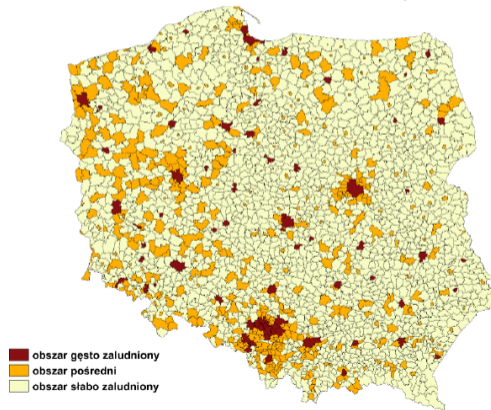
### TERYT

930 miast



### DEGURBA

601 obszarów miejskich



# Delimitacja obszarów wiejskich (DOW)



Główny  
Urząd Statystyczny

Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2021 - Powszechny Spis Rolny 2020 - Badania statystyczne

Solidarni z Ukrainą

Pomagam Ukrainie



Podstawowe dane



Opracowania sygnałowe



Publikacje



Bank Danych Lokalnych



Bank Danych Makro-ekonomicznych



SDG



Dziedziczne Bazy Wiedzy



STRATEG



Portal Geostatystyczny



Portal API



Dashboard gospodarczy



REGON, TERYT

Strona główna - Statystyka regionalna - Jednostki terytorialne - Delimitacja obszarów wiejskich (DOW)

> Statystyka związana z COVID-19

> Bazy danych

> Obszary tematyczne

> Wskaźniki makroekonomiczne

> Czasopisma naukowe

> Statystyka międzynarodowa

▼ Statystyka regionalna

• Organizacja statystyki regionalnej

• Jednostki terytorialne

• Klasyfikacja NUTS

• Unijne typologie terytorialne (TERCET)

## Delimitacja obszarów wiejskich (DOW)

### Delimitacja Obszarów Wiejskich (DOW)

Delimitacja Obszarów Wiejskich (DOW) do celów statystycznych została opracowana przez Główny Urząd Statystyczny w celu zapewnienia jednolitej prezentacji wyników badań statystycznych statystyki publicznej, dotyczących obszarów wiejskich. Zastosowanie Delimitacji umożliwi szczególnie prezentowanie danych na temat obszarów wiejskich, z podkreśleniem ich różnorodności.

DOW opracowana jest z wykorzystaniem typologii Funkcjonalnych Obszarów Miejskich (FUA; ang. Functional Urban Areas). FUA obejmują miasta i ich strefy dojazdów do pracy. Podziału gmin wiejskich (gmin wiejskich oraz obszarów wiejskich w gminach miejsko-wiejskich – symbol rodzaju jednostki TERYT, odpowiednio 2 i 5) dokonano z uwzględnieniem oddziaływania na nie dużych miast.

Delimitacja obejmuje: poziom 1, który odnosi się do lokalizacji obszaru wiejskiego względem FUA miast łączących co najmniej 150 tys. mieszkańców lub FUA miast wojewódzkich; poziom 2. odnosi się do wartości gęstości zaludnienia obszarów wiejskich.

Poziom 1	Poziom 2
Aglomeracyjne	dużej gęstości
	małej gęstości
Pozaaglomeracyjne	dużej gęstości
	małej gęstości

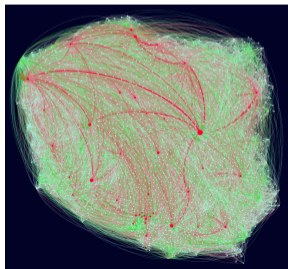
## Pakiet *igraph*

Network Analysis and Visualization (Analiza sieci i wizualizacja)

Wersja 1.5.0.9004 – 16 czerwca 2023 r., author Gabor Csardi i inni, <https://r.igraph.org/>

Syntetyczny opis:

- ▶ zestaw procedur dla przetwarzania grafów i analizy sieci;
- ▶ przetwarza duże grafy;
- ▶ zawiera m.in funkcje do generowania grafów losowych i regularnych, wizualizacji grafów, przetwarzania elementów grafu oraz wyznaczania szeregu statystyk charakteryzujących miary strukturalne elementów grafu, jak i grafu jako całości.



## Założenia badania

Trzy edycje badania dojazdów do pracy (dane za): 2006, 2011, 2016

Zastosowane typologie:

▶ TERYT:

- ▶ województwa,
- ▶ miasta – wsie

▶ DEGURBA:

- ▶ obszary gęsto zaludnione, obszary o średniej gęstości zaludnienia, obszary słabo zaludnione

▶ wg wielkości miast:

- ▶ miasta małe (do 20 tys. mieszkańców), miasta średnie (20-100 tys. mieszkańców), miasta duże (100 tys. i więcej mieszkańców)

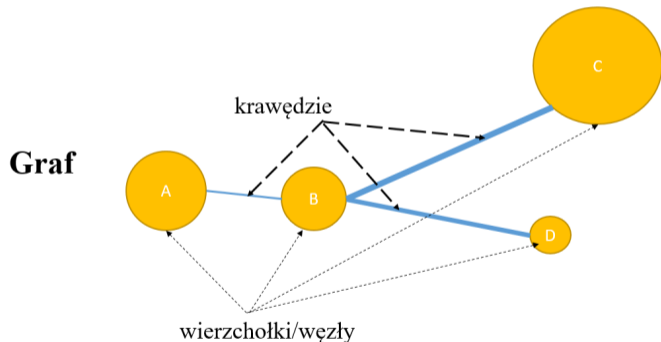
## Założenia badania

### Wybrane miary strukturalne grafu:

- ▶ liczba wierzchołków,
- ▶ liczba krawędzi,
- ▶ gęstość grafu (graf skierowany, bez uwzględnienia wag),
- ▶ średni współczynnik klastrowania (graf nieskierowany, bez uwzględnienia wag),
- ▶ wzajemność (graf skierowany, bez uwzględnienia wag),

## Wierzchołki i krawędzie

Grafem  $G$  nazywamy pewną strukturę - parę zbiorów  $(V, E)$ , gdzie  $V$  to zbiór wierzchołków grafu, a  $E$  to zbiór krawędzi grafu.



Wierzchołkami grafu są w naszym przypadku jednostki podziału administracyjnego (gminy), a krawędź oznacza fakt wystąpienia przejazdu z miejsca zamieszkania do miejsca pracy przez co najmniej jednego pracownika najemnego.



## Wierzchołki i krawędzie

### Wierzchołki grafu

Edycja badania	OGÓŁEM		TERYT		DEGURBA			WIELKOŚĆ MIASTA		
	TERYT	DEGURBA	miasta	obszary wiejskie	obszary gęsto zaludnione	obszary pośrednie	obszary słabo zaludnione	miasta małe	miasta średnie	miasta duże
2006	3060	2478	889	2171	74	527	1877	670	180	39
2011	3081	2479	908	2173	74	527	1878	685	184	39
2016	3094	2478	919	2175	74	527	1877	700	180	39

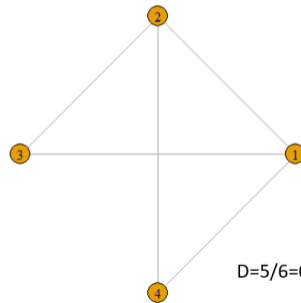
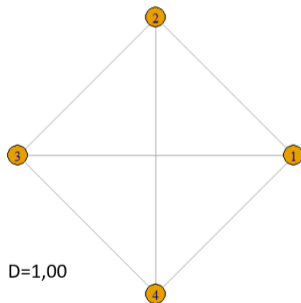
### Krawędzie grafu

Edycja badania	OGÓŁEM		TERYT		DEGURBA			WIELKOŚĆ MIASTA		
	TERYT	DEGURBA	miasta	obszary wiejskie	obszary gęsto zaludnione	obszary pośrednie	obszary słabo zaludnione	miasta małe	miasta średnie	miasta duże
2006	136650	115945	32074	34437	2611	13847	26136	5188	3806	1086
2011	208211	178442	50305	50322	3560	21800	39341	8044	6567	1317
2016	228243	194178	48565	62102	3281	22918	47729	8476	5857	1262

## Gęstość grafu

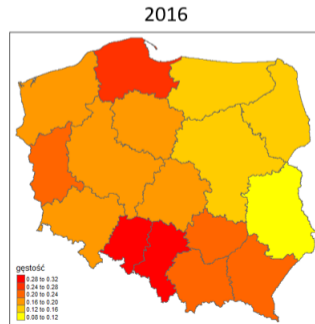
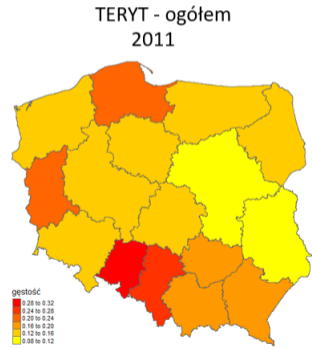
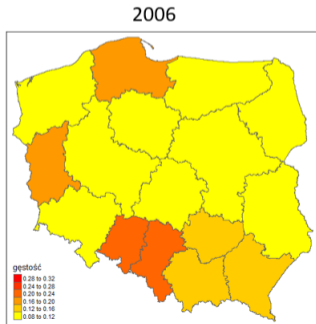
Gęstość grafu  $D$  to Udział liczby krawędzi grafu do liczby wszystkich możliwych krawędzi grafu (graf pełny).

$$D = \frac{|E|}{|V| * (|V| - 1)} \quad (1)$$



## Gęstość grafu

Edycja badania	OGÓŁEM		TERYT		DEGURBA			WIELKOŚĆ MIASTA		
	TERYT	DEGURBA	miasta	obszary wiejskie	obszary gęsto zaludnione	obszary pośrednie	obszary słabo zaludnione	miasta małe	miasta średnie	miasta duże
2006	0,0146	0,0189	0,0406	0,0073	0,4833	0,0500	0,0074	0,0116	0,1181	0,7328
2011	0,0219	0,0290	0,0611	0,0107	0,6590	0,0786	0,0112	0,0172	0,1950	0,8887
2016	0,0239	0,0316	0,0576	0,0131	0,6074	0,0827	0,0136	0,0173	0,1818	0,8516



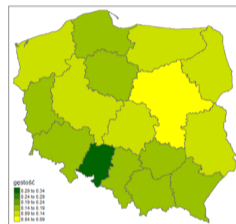
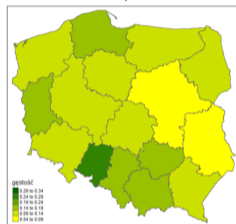
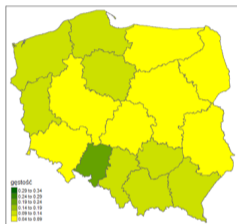
## Gęstość grafu

2006

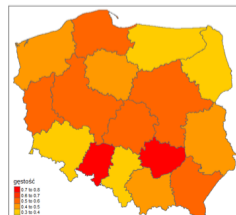
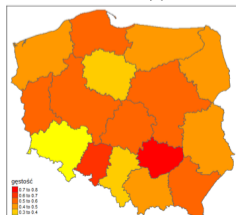
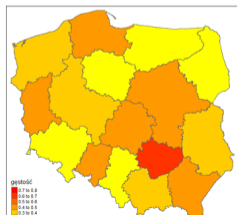
2011

2016

DEGURBA – obszary słabo zaludnione



DEGURBA – obszary pośrednie



## Średni współczynnik klastrowania grafu

Współczynnikiem klastrowania określa się czasami stopień w jakim wierzchołki w grafie mają tendencję do łączenia się w klastry.

Wyznacza się go jako Udział trójkątów (połączonych krawędziami trójek wierzchołków) do liczby wszystkich trójek wierzchołków (połączonych i niepołączonych).

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|e_{ij} : v_j, v_k \in N_i, e_{jk} \in E|}{|k_i(k_i - 1)|} \quad (2)$$

gdzie:  $n$  - liczba wszystkich wierzchołków grafu,  $e_{jk}$  - krawędź pomiędzy wierzchołkami  $j$  i  $k$ ,  $k_i$  - liczba sąsiadów wierzchołka  $i$ ,  $N_i$  - sąsiedztwo wierzchołka  $i$ .

Edycja badania	OGÓŁEM		TERYT		DEGURBA			WIELKOŚĆ MIASTA		
	TERYT	DEGURBA	miasta	obszary wiejskie	obszary gęsto zaludnione	obszary pośrednie	obszary słabo zaludnione	miasta małe	miasta średnie	miasta duże
2006	0,139	0,158	0,240	0,202	0,727	0,263	0,233	0,196	0,331	0,888
2011	0,162	0,189	0,290	0,167	0,843	0,294	0,183	0,185	0,424	0,969
2016	0,175	0,203	0,284	0,181	0,815	0,307	0,196	0,187	0,411	0,951

## Wzajemność

Udział liczby krawędzi skierowanych w obydwu kierunkach (graf skierowany)

$$r = \frac{|(u, v) \in G| |(v, u) \in G|}{|(u, v) \in G|} \quad (3)$$

gdzie:  $|(u, v) \in G|$  - liczba wszystkich krawędzi prowadzących od  $u$  do  $v$  w grafie  $G$ ,  
 $|(v, u) \in G|$  - liczba wszystkich krawędzi prowadzących od  $v$  do  $u$  w grafie  $G$ .

Edycja badania	OGÓŁEM		TERYT		DEGURBA			WIELKOŚĆ MIASTA		
	TERYT	DEGURBA	miasta	obszary wiejskie	obszary gęsto zaludnione	obszary pośrednie	obszary słabo zaludnione	miasta małe	miasta średnie	miasta duże
2006	0,386	0,390	0,431	0,421	0,695	0,391	0,460	0,410	0,415	0,831
2011	0,369	0,376	0,445	0,376	0,779	0,377	0,403	0,380	0,424	0,913
2016	0,380	0,385	0,449	0,379	0,747	0,396	0,398	0,378	0,455	0,894

## Podsumowanie

Wnioski (kierunki dalszych prac):

- ▶ Statystyki stosowane do opisu grafu, można z powodzeniem wykorzystywać do syntetycznego opisu i wnioskowania o złożonych sieciach powiązań, takich jak np. dojazdy do pracy;
- ▶ Potwierdzają one zwiększanie się mobilności Polaków, w tym sensie, że następuje gęstnienie sieci przeptywów między miejscem zamieszkania a miejscem świadczenia pracy;
- ▶ Zastosowane podejście teorii grafów wydaje się być ciekawym kierunkiem poszukiwań badawczych (będzie ono kontynuowane i rozwijane w obszarze innych badań z większym naciskiem na uwzględnienie wag krawędzi i wierzchołków grafu).

Dziękujemy za uwagę