

Ogólnopolska Konferencja Naukowa
"Krajobraz z komputera: Modelowanie krajobrazu – nowe narzędzia, metody, typologie"
Bobrowa, 17-20 września 2014 r.

GraphScape

nowe narzędzie do analizy struktury przestrzennej i stopnia
łączności w obrębie krajobrazu

Jerzy Solon | Wojciech Pomianowski



Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

Projekt nr 2012/05/B/ST10/02173 finansowany przez NCN

Po co nowy program

Istnieją programy określające:

- Metryki płatów (patch metrics)
- Metryki powierzchni (surface metrics)
- Łączność funkcjonalną i przepływy (flux and functional connectivity)
- Strukturę grafu

Są one generalnie niezależne i ograniczone do jednej klasy zadań

Cel nowego programu

Wypełnienie luki pomiędzy klasycznymi metodami opisu konfiguracji przestrzennej, bazującymi na metrykach płatów (patch metrics) i metodami ukierunkowanymi na określenie łączności funkcjonalnej (functional connectivity) w obrębie krajobrazu przy zastosowaniu metod analizy grafu.

Wyniki powinny spełnić następujące kryteria: (a) uwzględnienie konfiguracji przestrzennej płatów, korytarzy i tła jako głównych elementów strukturalnych krajobrazu; (b) uwzględnienie interakcji i przepływów między elementami i (c) bezpośrednie porównanie obu charakterystyk dla dowolnego krajobrazu w dowolnej skali

Programy identyfikujące i charakteryzujące ścieżki w przestrzeni (wybór)

software	input data type	results	citation
OpenFLUID	patches (vector), DEM (raster)	flux simulation	Fabre et al.. 2010
HABCORES (tbx to ArcGis)	Cost Surface (raster)	Absolute Connectivity Index (ECI) to create least-cost distance	Cook et all. 2009
NetworkAnalyst (for ArcGis)	street map (polyline)	shortest way	ESRI official page
CONEFOR Sensinode 2.2	patches (vector), dispersal distance	nine landscape-level connectivity indices	Saura, Torné 2009
LORACS	COST file, Source-Target file (raster)	Conditional Minimum Transit Cost, shortest path	Pinto,Keitt 2009
Pajek	graph (network)	clustering and decomposition	Batagelj, Mrvar 2012
grainscape	resistance surfaces (raster)	effective distances index at multiple scales	Galpern et all. 2012
Graphab 1.0	categorical landscape map (raster)	calculation of the patch level metrics values (recruitment [graph-independent], dispersal flux, traversability) and extrapolation to all points of the study area	Foltete et all. 2012
FunConn v1 (tbx to ArcGis)	land cover, disturbance (raster), additional tables	habitat quality, patches, landscape network (rasters), some graph indices	Theobald et all. 2006
CIRCUITSCAPE	habitat resistance/ conductance map, region (patch) map (raster)	cost surface between focal points	McRae, Shah 2011
corridordesigner (tbx to ArcGis)	ecological factors maps (raster)	least cost path (cell to cell) between focal areas	Beier et all. 2007

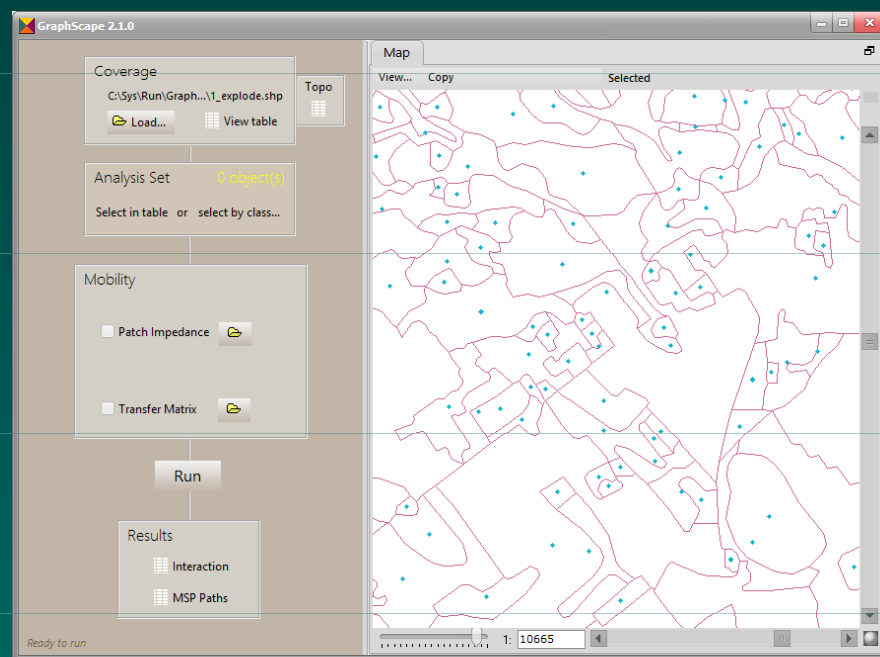
Od czego zależy przemieszczanie się (osobników, ich części, substancji) w krajobrazie – założenia podstawowe do programu

Opór wejścia do płatu (*entry impedance*) zależy od podobieństwa strukturalnego, siedliskowego i funkcjonalnego między sąsiadującymi płatami (im bardziej podobne płaty tym opór wejścia jest mniejszy). Dane są wprowadzane w postaci dodatkowej tabeli, w której użytkownik sam definiuje wartości podobieństwa/oporu. W przypadku wykorzystywania do analizy mapy roślinności i przy istnieniu odpowiednich danych zaleca się określanie ogólnego podobieństwa na podstawie składu gatunkowego typów zbiorowisk reprezentowanych przez sąsiadujące płaty. Opór wejścia jest charakterystyką typów płatów przedstawionych na mapie i nie zależy od szczegółowego zadania analizowanego w programie.

Opór pobytu w płacie (*stay impedance*) – jest określony poprzez przydatność płatu dla danego gatunku, procesu lub zjawiska które jest analizowane. Odpowiednie dane są wprowadzane w postaci odrębnej tabeli. Opór pobytu nie jest wartością własną mapy lecz zależy od analizowanego zagadnienia.

Opór wyjścia z płatu (*exit impedance*) – wynika z kształtu i wielkości płatu. Im krótsza przeciętna droga od krawędzi do krawędzi w obrębie płatu tym opór mniejszy. Opór wyjścia jest charakterystyką własną mapy, wynikającą z konfiguracji krajobrazu i nie zależy od rozwiązywanego problemu.

Etapy przetwarzania



mapa wektorowa 

budowanie topologii

graf nieważony

model mobilności

graf ważony

wyznaczanie ścieżek

macierz ścieżek

wyznaczanie drzewa

podgraf ścieżek

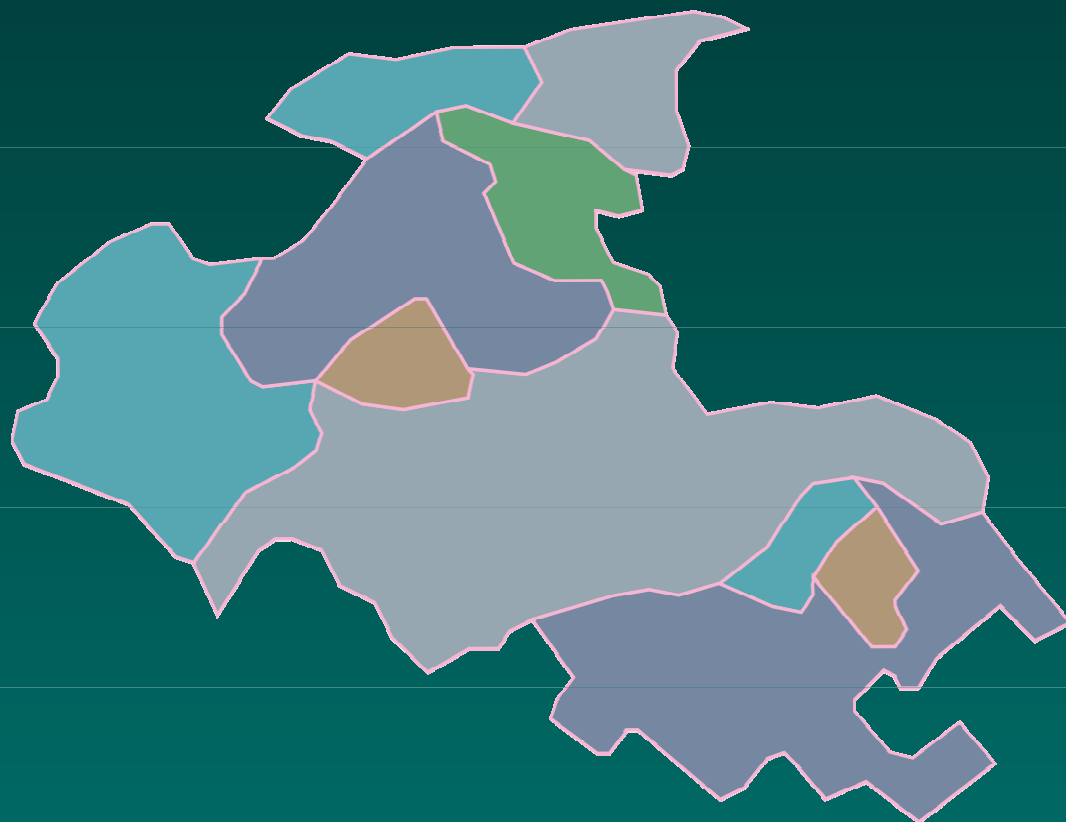
statystyki

GraphScape – podstawowe fakty

- samodzielny program (exe)
 - Windows 7, 8
 - proste formaty danych (SHP, pliki tekstowe)
 - bariera 2MB pamięci
-
- wersja 64-bit
 - ściślejsza integracja z ArcGIS (COM-object + Python?)

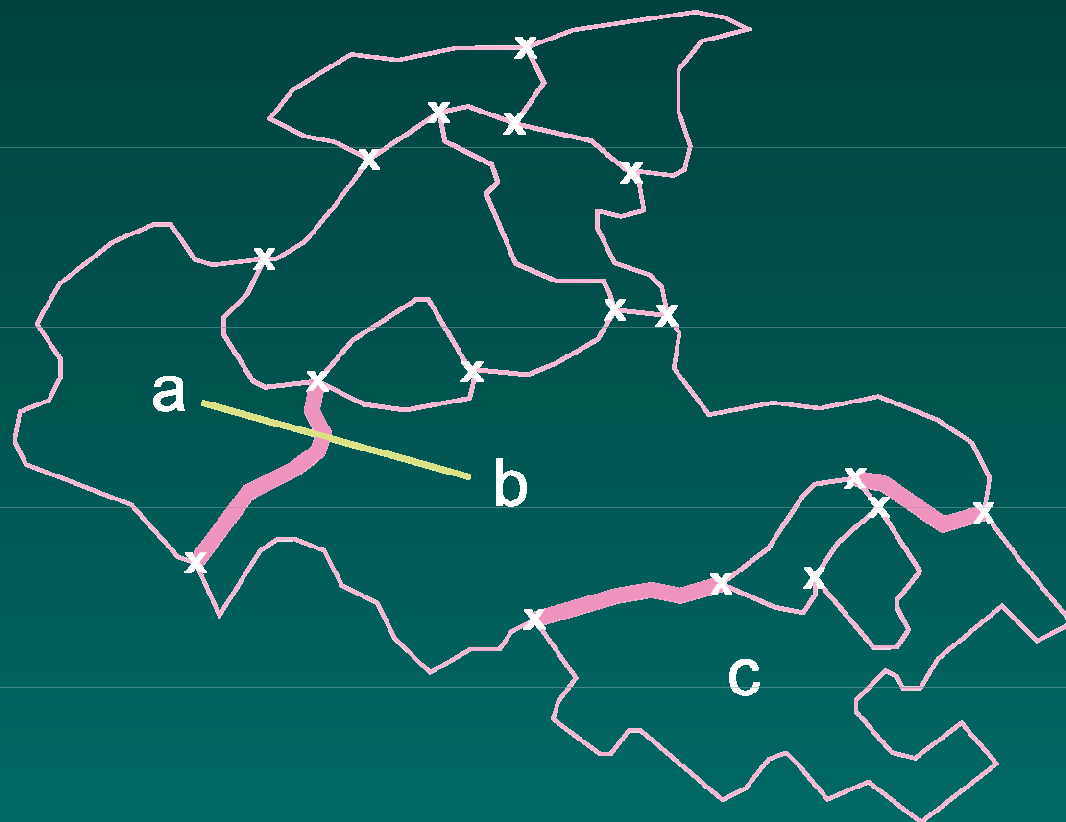
w przyszłości

Etap I – Topologia



cel:
otrzymanie grafu
izomorficznego do mapy

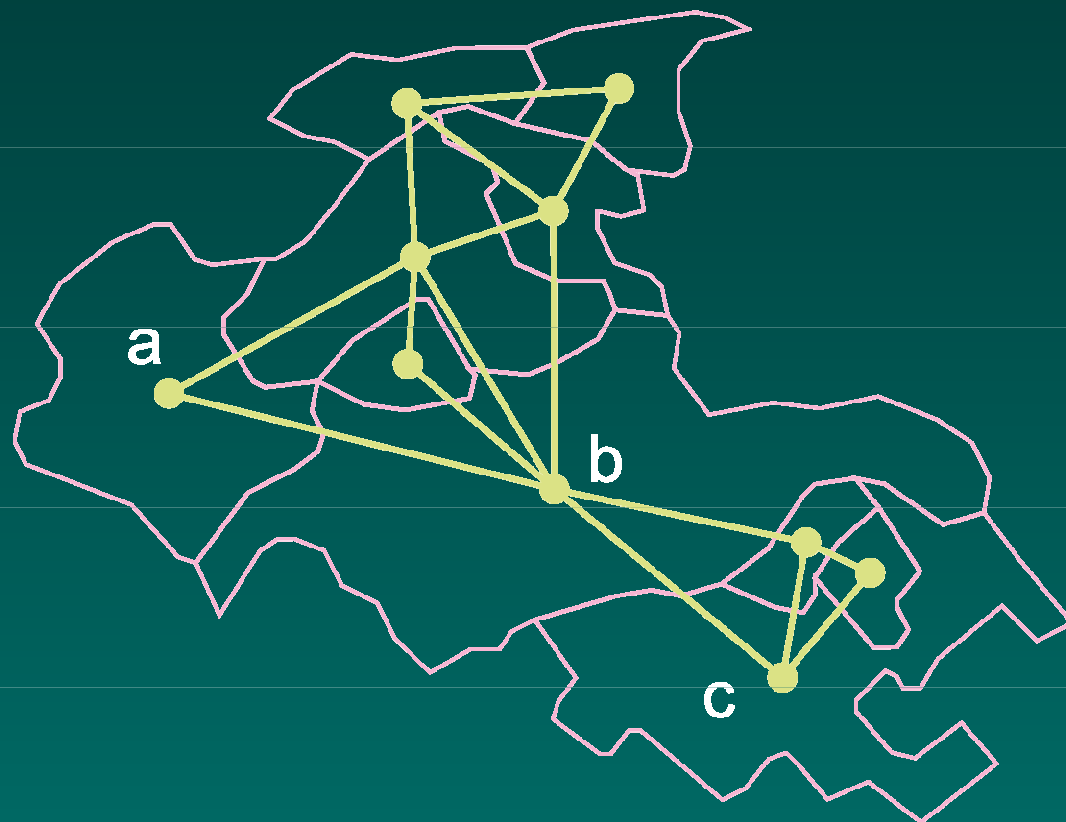
Etap I.1 – Topologia



1. identyfikacja wspólnych punktów
2. wydzielenie odcinków granic

granica staje się elementem relacji płat-płat

Etap I.2 – Topologia



płat → wierzchołek
granica → krawędź

Etap I.3 – Topologia



Graf
nieskierowany, nieważony

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a										
b	1									
c	0	0								
d	1	0	0							
e	0	0	0	1						
f	0	1	1	0	0					
g	1	0	1	0	1	0				
h										
i										
j										

Macierz przyległości
elementy 0, 1

Etap I.4 – Topologia

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a										
b	1									
c	0	0								
d	1	0	0							
e	0	0	0	1						
f	0	1	1	0	0					
g	1	0	1	0	1	0				
h										
i										
j										

Macierz przyległości
elementy binarne 0, 1



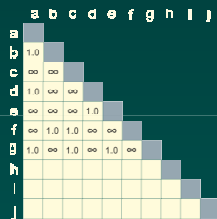
funkcja $d(a)$
np.
 $d = 1/a$

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a										
b	1.0									
c	∞	∞								
d	1.0	∞	∞							
e	∞	∞	∞	1.0						
f	∞	1.0	1.0	∞	∞					
g	1.0	∞	1.0	∞	1.0	∞				
h										
i										
j										

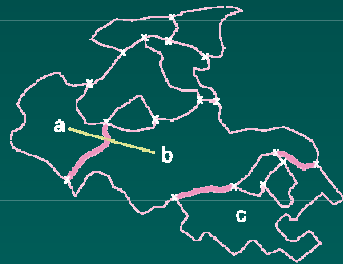
Macierz podróżna
(macierz odległości)

elementy liczbowe 0 .. ∞

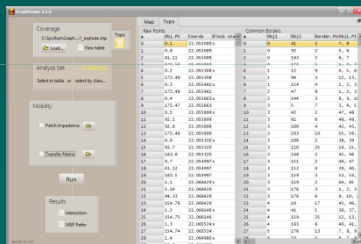
Dane do dyspozycji



- Macierz podróżna
 - jaka jest odległość między płatami x i y?



- Tablica granic
 - jaka jest geometria granicy między płatami x i y?
 - miary pochodne ...



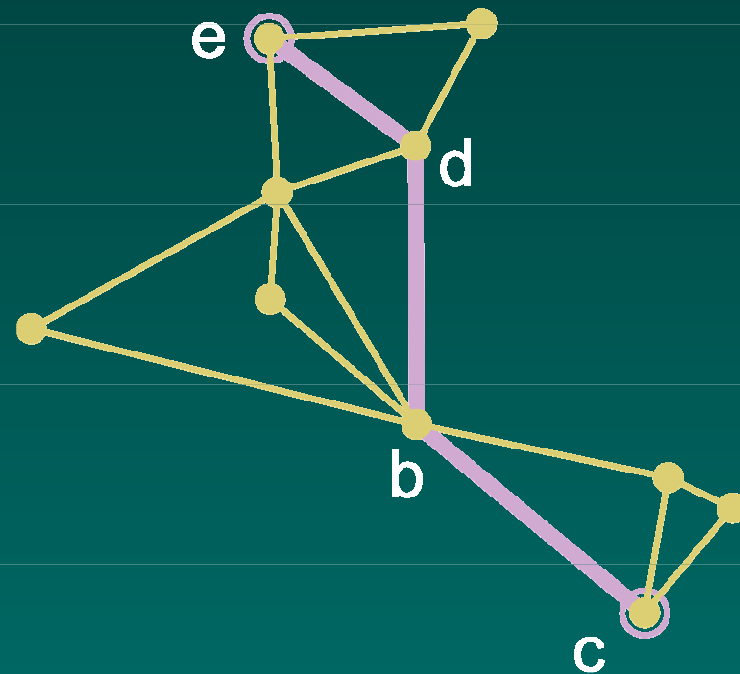
- Tablica płatów
 - atrybuty liczbowe i kategoryjne płatu x
 - geometria płatu x

Etap III – Najkrótsze ścieżki

ścieżka: uporządkowany zbiór krawędzi łączący dwa wierzchołki grafu

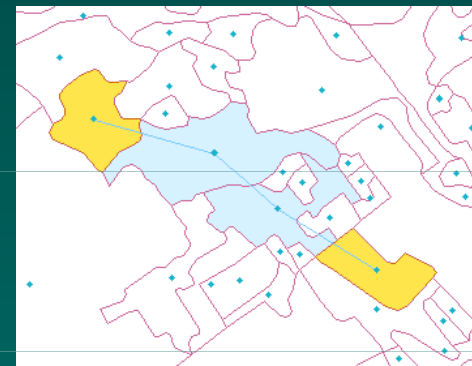
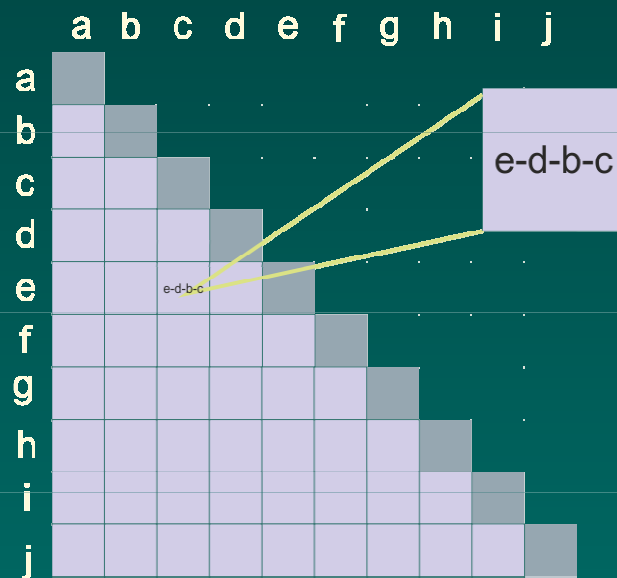
równoważnie: zbiór wierzchołków

najkrótsza ścieżka: ścieżka o najmniejszej sumie wag



Etap III – Wyznaczanie ścieżek

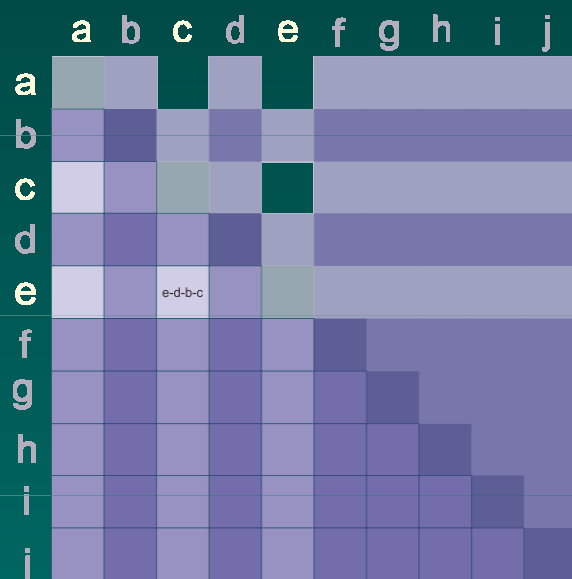
Algorytm Dijkstry w odmianie każdy – do – każdego, wielowątkowej



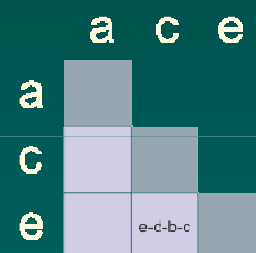
Macierz ścieżek

Etap IV – wybór obiektów do analizy

Map	Coverage			
▲	ASet	FIRST_NAZ	NUMER	AUTO
0		Vaccinio	9a	1
1	*	Peucedano	11a	2
2	*	Peucedano	11a	3
3		Querco-Pi	10b	4
4		Querco-Pi	10c	5
5		Querco-Pi	10d	6
6	*	Peucedano	11a	7
7		Peucedano	11c	8
8		Peucedano	11a	9



Macierz ścieżek pełna



obcięta

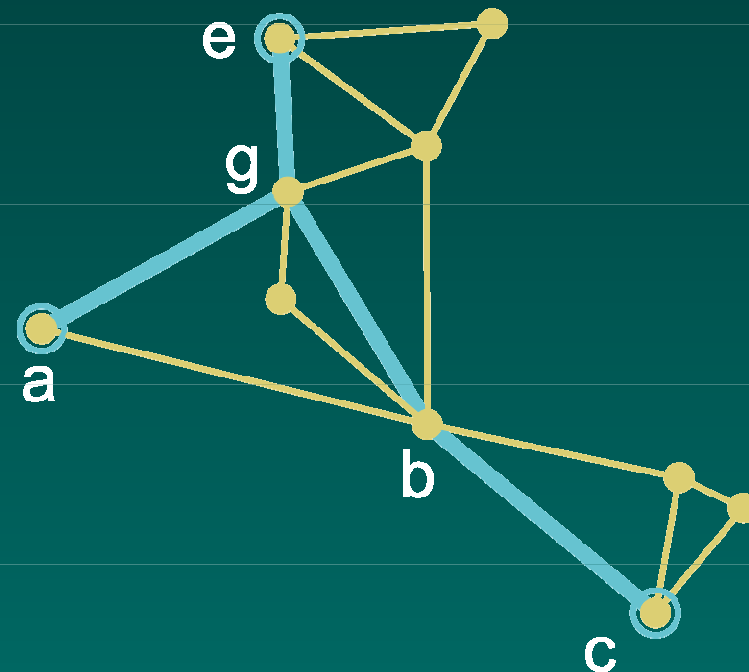
Etap V – Minimalne drzewo rozpinające

MST (Minimum Spanning Tree)

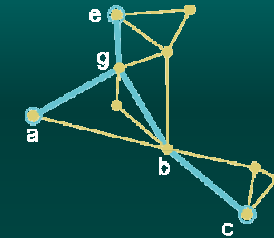
drzewo: graf (podgraf) bez cykli

drzewo rozpinające: drzewo łączące n wierzchołków grafu

minimalne drzewo rozpinające: drzewo rozpinające o najmniejszej sumie wag



Etap V – Wyznaczanie MST



Algorytm Prima

	a	c	e
a			
c			
e		e-d-b-c	

Dane wejściowe:

obcięta macierz podróżna wypełniona
długościami ścieżek

	a	c	e
a			
c	6.3		
e	2.4	12.0	

Wynik: zbiór ścieżek składowych MST

Nie: zbiór krawędzi składowych MST
(gdyby algorytm pracował na pełnej macierzy
podróżnej)

Wyniki

Lista ścieżek, parametry wagi

Map	MSP				
Minimum Spanning Tree Paths					
▲	Obj1	Obj2	Path	Weight	No Steps
0	60	63	60, 164,	5.00304095	
1	63	150	63, 68, 12	0.00310762	2
2	63	62	63, 41, 13	0.00775683	3
3	62	110	62, 88, 13	0.00572623	3
4	110	61	110, 3, 62	0.00124512	2
5	110	109	110, 176,	2.00295542	2
6	110	149	110, 106,	3.00281313	3

GraphScape 2.1.0.7

Run 4 ***** 17-Sep-14 13:32:41 *****

Coverage C:\Sys\Run\GraphScape\Data\1_explode.shp

Analysis Set by column NUMER value 67: 8 objects

Travel Matrix from steps+border factor

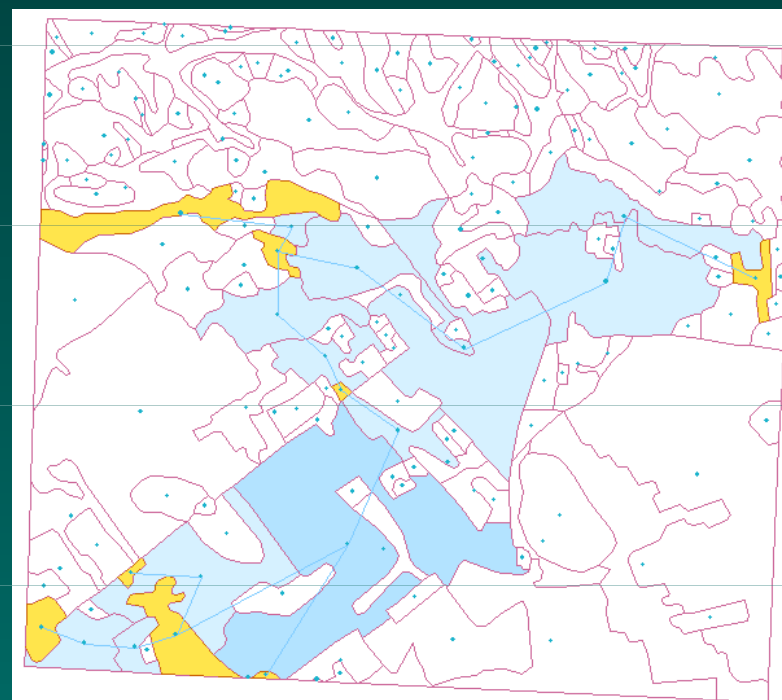
Paths Weight Statistics -----

Count	Sum	Mean	Std.Dev.
7	20	2.85714	0.989743

Paths Steps Statistics -----

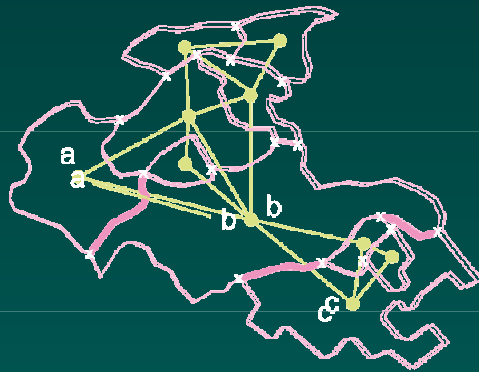
Count	Sum	Mean	Std.Dev.
7	20	2.85714	0.989743

Gęstość tranzytu



Map	Topo	Interact					
▲	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	-						
2							
3						1.000603E	
4							
5				1.000403E			
6							
7							
8							
9							
10						1.000407E	1.000602E
11							
12							
13		1.000643E					
14							
15							
16							
17							

Etap II – Mobilność



	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a										
b	1.0									
c	∞	∞								
d	1.0	∞	∞							
e	∞	∞	∞	1.0						
f	∞	1.0	1.0	∞	∞					
g	1.0	∞	1.0	∞	1.0	∞				
h										
i										
j										

cel: uwzględnienie

- właściwości płatów
- relacji między typami płatów

mających wpływ na przemieszczanie się w krajobrazie

warunek:

sformułowanie musi prowadzić do modyfikacji macierzy podróżnej

Etap II – Czynniki mobilności

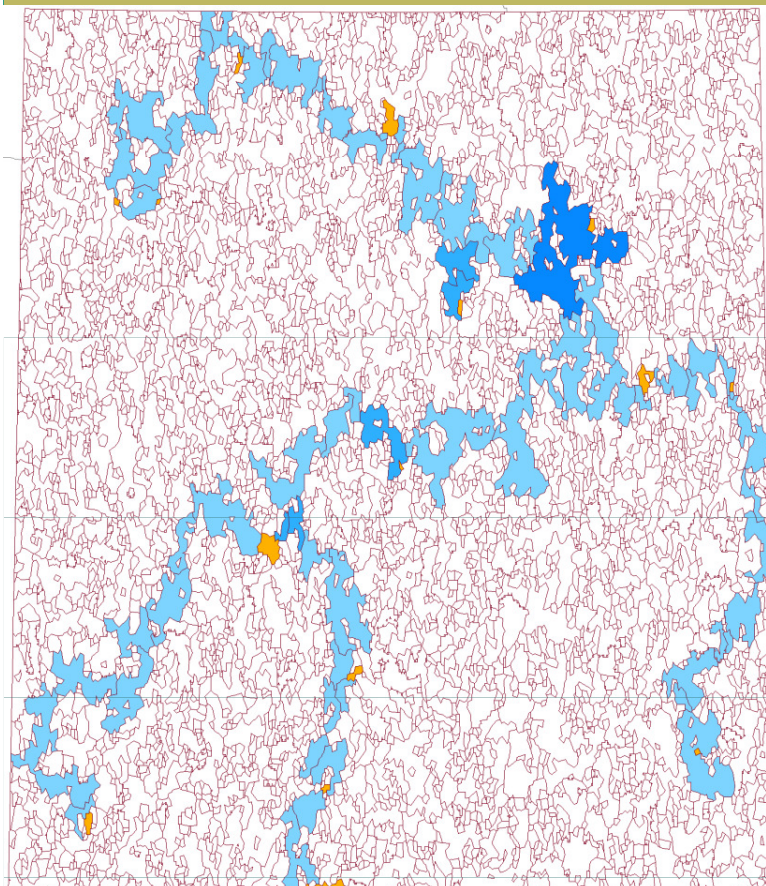
liczba kroków

opór płatów

opór pokonywania granic

bariery

gradienty



Coverage F:\Graphscape\mapa2\neutral4.shp

Analysis Set manual: 15 objects

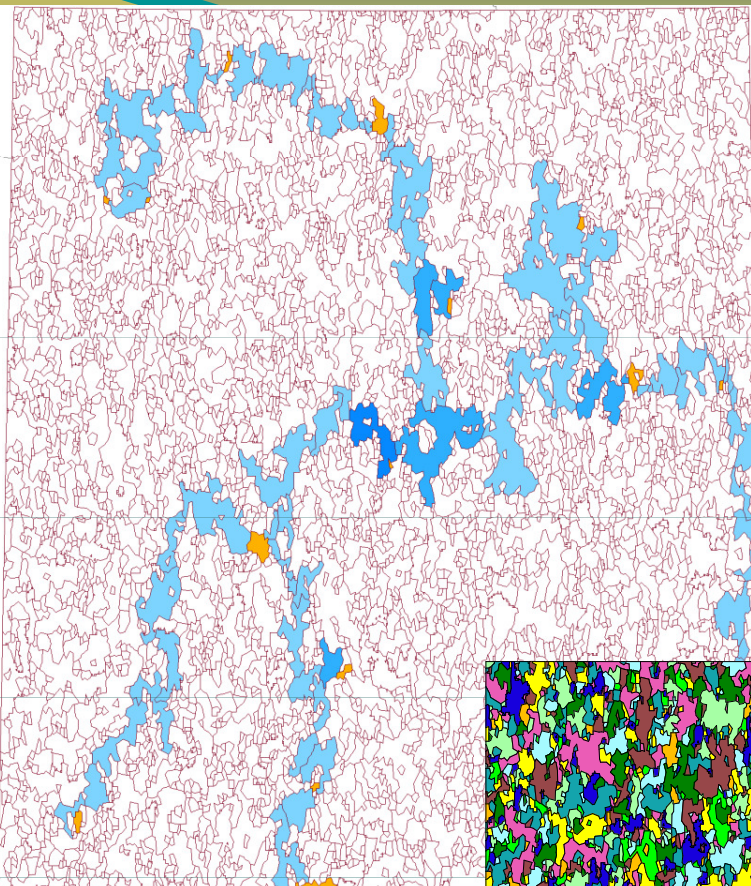
Travel Matrix from steps+border factor

Paths Weight Statistics -----

Count	Sum	Mean	Std.Dev.
14	87.00	6.21	2.43

Paths Steps Statistics -----

Count	Sum	Mean	Std.Dev.
14	87.00	6.21	2.43



Coverage F:\Graphscape\mapa2\neutral4.shp

Analysis Set manual: 15 objects

Travel Matrix from Mobility: neutral4a.txt

Paths Weight Statistics -----

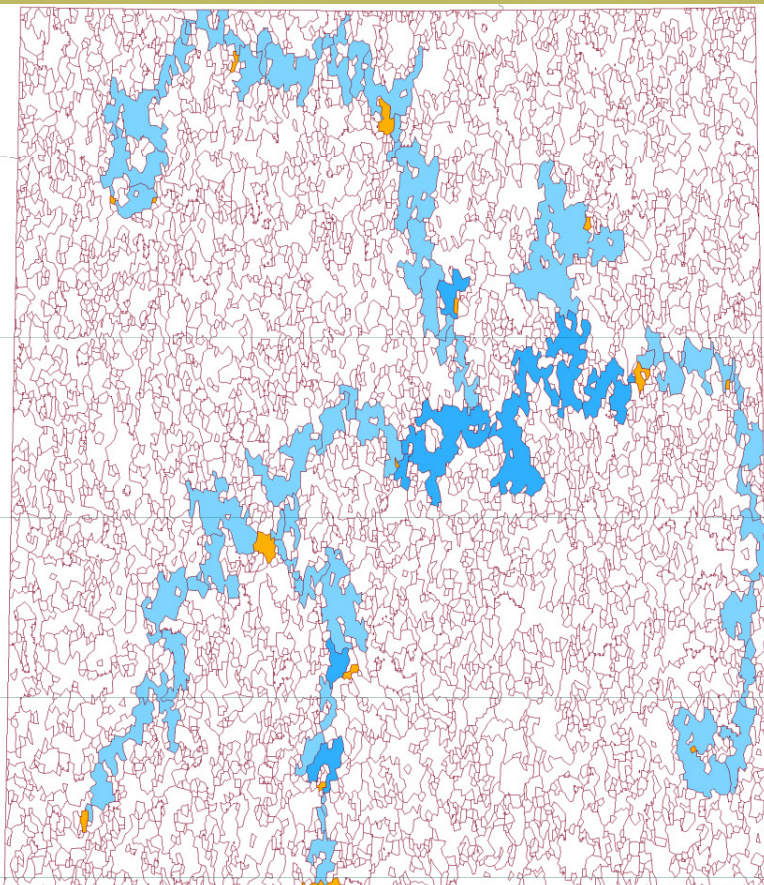
Count	Sum	Mean	Std.Dev.
14	31.10	2.22	0.77

Paths Steps Statistics -----

Count	Sum	Mean	Std.Dev.
14	93.00	6.64	2.66



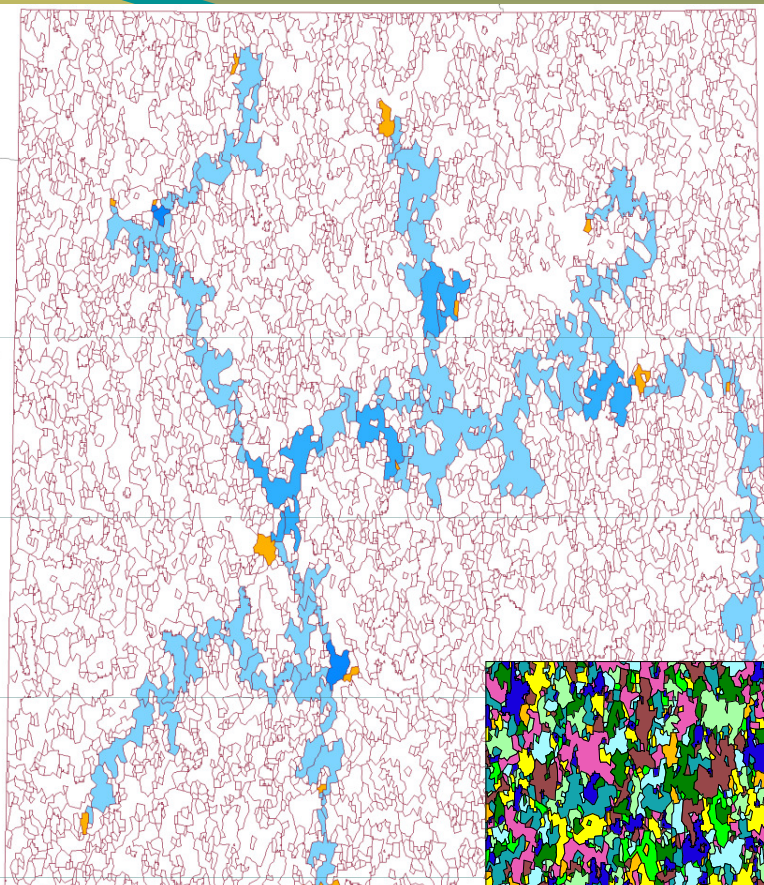
Wyniki - przykład



Coverage F:\Graphscape\mapa2\natural4.shp
 Analysis Set manual: 15 objects
 Travel Matrix from Mobility: transfer.txt

Paths Weight Statistics -----			
Count	Sum	Mean	Std.Dev.
14	24.30	1.74	0.38

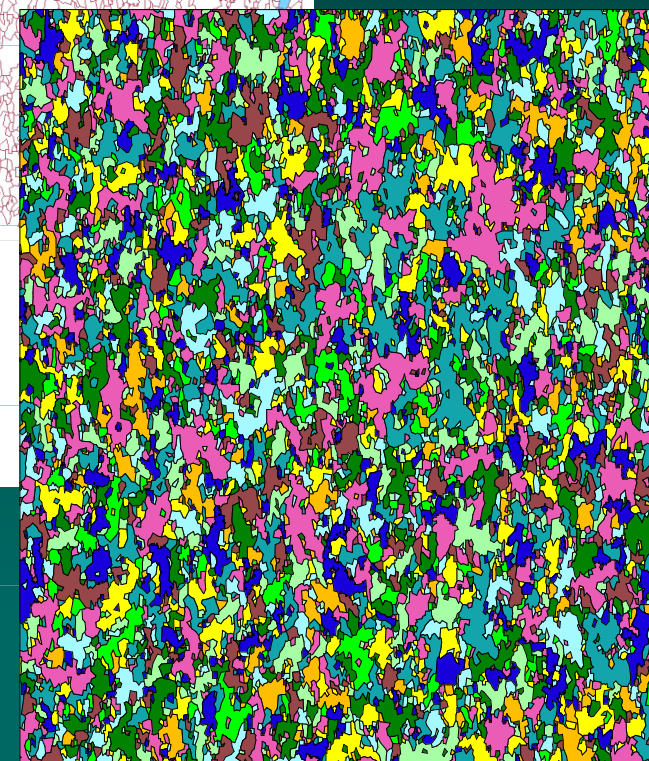
Paths Steps Statistics -----			
Count	Sum	Mean	Std.Dev.
14	102.00	7.29	2.74



Coverage F:\Graphscape\mapa2\natural4.shp
 Analysis Set manual: 15 objects
 Travel Matrix from Mobility: neutral4a.txt
 and transfer.txt

Paths Weight Statistics -----			
Count	Sum	Mean	Std.Dev.
14	8.37	0.60	0.16

Paths Steps Statistics -----			
Count	Sum	Mean	Std.Dev.
14	133.00	9.50	3.76



Wyniki - przykład

Obecne możliwości programu

1. Rodzina metryk krajobrazowych, częściowo analogiczna do grupy metryk „odległości do najbliższego sąsiada” w obrębie patch metrics
2. Analiza ścieżek między dowolnie wybranymi płatami przy różnych założeniach jakości płatów – pośrednio – identyfikacja wąskich gardeł, barier i płatów węzłowych krzyżowania się ścieżek

Poziom	Miary nieważone	Miary ważne	Miary względne
	NNN	NNY, NYN, YNN, NYY, YNY, YYN, YYY	
Płat (<i>Patch</i>)	Liczba kroków (<i>Number of steps – NOS</i>)	Ważona przez [...] liczba kroków (<i>[...weighted] number of steps – [..]WNOS</i>)	Stopień wydłużenia ścieżki (<i>Path elongation – PE</i>) = (miara ważona) / (miara nieważona)
		Suma oporu (Sum of impedance – SOI)	
Typ (<i>Class</i>)	Średnia liczba kroków (<i>Mean number of steps – MNOS</i>)	Ważona przez [...] średnia liczba kroków (<i>[...weighted] mean number of steps – [..]WMNOS</i>)	Średni stopień wydłużenia ścieżki (Mean Path elongation – MPE) = (miara ważona)/(miara nieważona)
		Średnia suma oporu (<i>Mean sum of impedance – MSOI</i>)	
Krajobraz (<i>Landscape</i>)	Średnia liczba kroków (<i>Mean number of steps – MNOS</i>)	Ważona przez [...] średnia liczba kroków (<i>[...weighted] mean number of steps – [..]WMNOS</i>)	Średni stopień wydłużenia ścieżki (Mean Path elongation – MPE) = (miara ważona)/(miara nieważona)
		Średnia suma oporu (<i>Mean sum of impedance – MSOI</i>)	

oznaczenia NNN, NYN (i inne), informują które kategorie oporów uwzględniono w analizie – w kolejności opór wejścia, pobytu, wyjścia. Litera N – opór nieuwzględniany (z definicji równy 0), Y – opór uwzględniany przy identyfikacji ścieżki.

Przewidywane dalsze kierunki rozwoju programu

1. Analiza formalna grafu w celu tworzenia modeli identyfikujących „tło, płaty i korytarze”, tworzenie poddrzew
2. Rozbudowa parametrów modyfikujących ścieżki (np. uwzględnianie zdolności przemieszczania się – czyli wprowadzenie progów wielkościowych płatów)
3. Uwzględnienie w analizie barier, wprowadzanych jako odrębny plik typu polyline
4. ????

Dziękujemy za uwagę



Projekt nr 2012/05/B/ST10/02173

finansowany przez Narodowe Centrum Nauki

tytuł: Teoria grafów w analizie struktury przestrzennej krajobrazu: opracowanie nowego narzędzia analitycznego GraphScape, zdefiniowanie nowej rodziny grafowych metryk konfiguracji oraz modele przemieszczania się substancji i organizmów w krajobrazie