

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Georóżnorodność z ArcGIS Pro

Analizy krajobrazowe w programie Fragstats

Tomasz Bartuś

Na podstawie materiałów szkoleniowych ESRI
Wyłącznie do użytku wewnętrznego AGH

<http://home.agh.edu.pl/bartus>
10.12.2023 12:32:00

Wprowadzenie

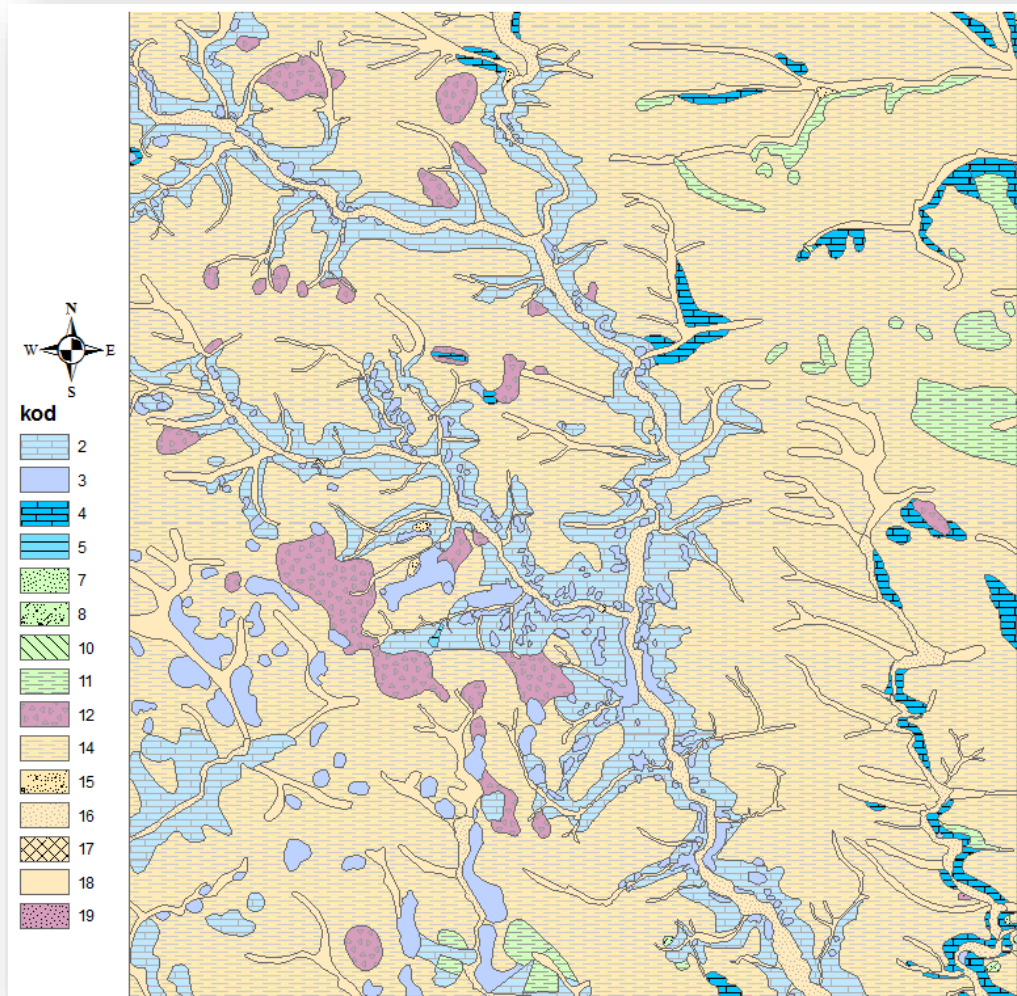
W analizach struktur krajobrazów wykorzystujących model płyty-korytarze-matryca (Forman & Godron 1986), powszechnie wykorzystywane są tzw. **miary krajobrazowe** (McGarigal & Marks 1995; Kot & Leśniak 2006; McGarigal i in. 2012; Urbański 2012). Są to ilościowe wskaźniki opisujące geometryczne i przestrzenne właściwości elementów krajobrazu. Do najważniejszych typów należą miary: **powierzchni i krawędzi** (ang.: *area and edge metrics*), **kształtu** (ang.: *shape metrics*), **stref centralnych** (ang.: *core area metrics*), **kontrastu** (ang.: *contrast metrics*), **fragmentacji** (ang.: *aggregation metrics*) i **różnorodności** (ang.: *diversity metrics*) (zob. dokument najważniejsze miary krajobrazowe). Z niektórymi miarami krajobrazowymi można zapoznać się w prezentacji [Miary krajobrazowe](#).

Podstawowym narzędziem służącym do obliczeń miar krajobrazowych jest aplikacja Fragstats (McGarigal & Marks 1995; Raines 2002; Zwierzchowska i in. 2010; McGarigal i in. 2012). Program, który powstał i jest rozwijany na Uniwersytecie w Oregonie, wykorzystuje dane przestrzenne w modelu rastrowym. Aplikacja umożliwia obliczenie kilkudziesięciu miar krajobrazowych.

W tym ćwiczeniu, dla pojedynczego rastra wejściowego obliczymy zestaw kilkudziesięciu wskaźników krajobrazowych na poziomie płatów, kategorii i całego krajobrazu.

1. Dane do analiz

Do analiz będziemy wykorzystywali przetworzoną cyfrową mapę litostratygraficzną rejonu OPN. Powstała ona w wyniku digitalizacji opracowanej w 1997 roku *Mapy geologicznej Ojcowskiego Parku Narodowego wraz z otuliną* (Płonczyński 2001). Utworzona mapa wymagała uzupełnienia o fragmenty nieobjęte opracowaniem, znajdujące się poza otuliną OPN. Źródło danych uzupełniających stanowiła *Szczegółowa mapa geologiczna Polski* (SMGP) – arkusz Skała (Płonczyński 2000a, b). Opracowana klasa obejmuje przestrzenną zmienność piętnastu ogniw litostratygraficznych (Ryc. 1).

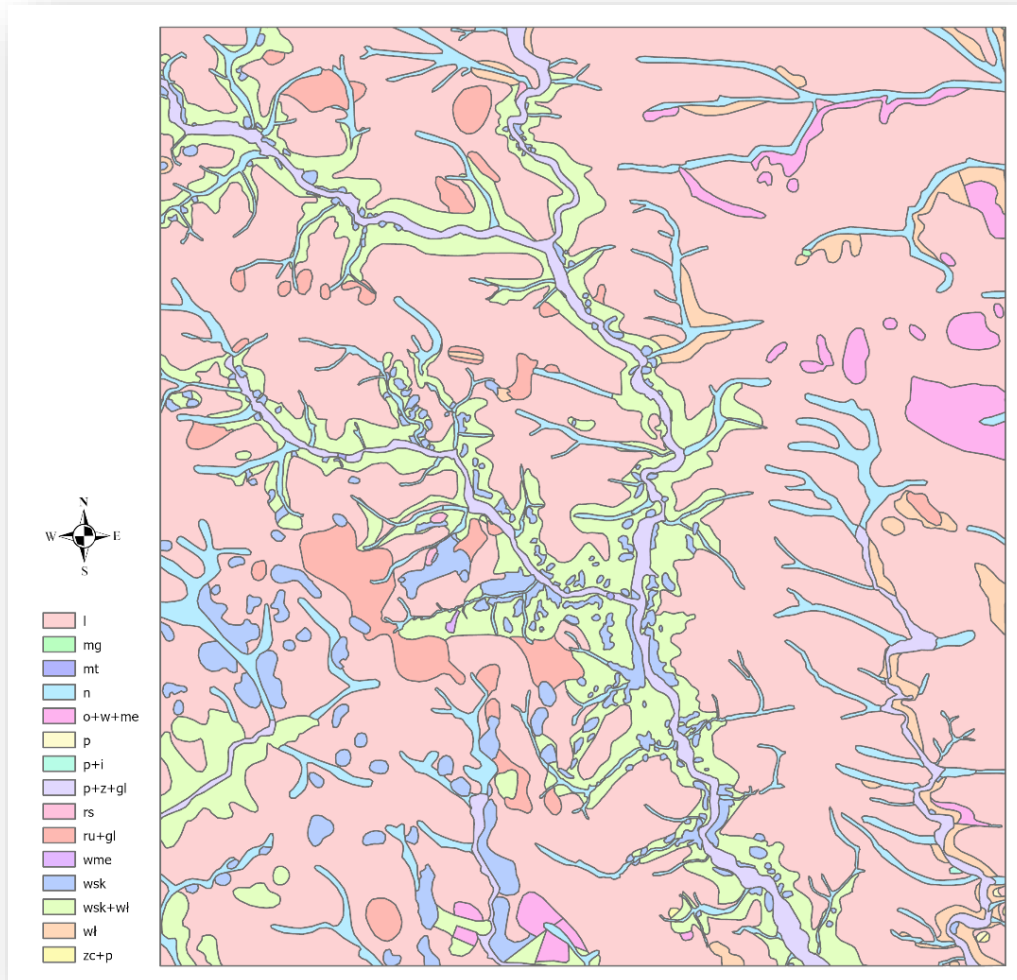


Ryc. 1. Mapa litostratygraficzna OPN i jego okolic według Płonczyńskiego (2000a, 2001), zmienione. Górna jura: 2 – wapnienie skaliste i uławiczone (nierozdzielone), 3 – wapnienie skaliste, 4 – wapnienie ławicowe z krzemieniami, 5 – wapnienie margliste płytowe; górna kreda: 7 – piaski, 8 – zlepieńce, miejscami piaskowce wapniste i piaski, 10 – margle glaukonitowe, 11 – opoki z czertami, wapnienie margliste i margle; paleogen: 12 – rumosze krzemienne i gliny zwietrzelinowe z krzemieniami, 19 – piaski miejscami ilaste; plejstocen: 14 – lessy; plejstocen / holocen: 15 – rumosze skalne; holocen: 16 – piaski, żwiry oraz mułki, gliny i piaski (mady) tarasów zalewowych, 17 – martwice wapienne, 18 – namuły den dolinnych

2. Utworzenie mapy litofacjalnej

- 2.1. Utwórz nową mapę o nazwie Map_Geol_Litofacje.
- 2.2. Skopiuj warstwę obszar_badan z mapy Map_Geol_Litostratygrafia na mapę Map_Geol_Litofacje.
- 2.3. Usuń ze sceny mapę Map_Geol_litostratygrafia.
- 2.4. Dodaj do mapy Map_Geol_Litofacje klasę litostratygrafia.
- 2.5. Klasę zróżnicowania litologicznego (Ryc. 2) należy utworzyć przez klasyfikację mapy litostratygraficznej (Ryc. 1). Kryterium doboru kategorii ma stanowić zmienność litofacjalna (atrybut: LITOLOGIA). W wyniku

klasyfikacji powinna powstać klasa złożona z piętnastu kategorii. Będzie ona wykorzystywana do oceny miar krajobrazowych oraz do obliczenia różnorodności litofacjalnej.



Ryc. 2. Zróżnicowanie litofacjalne utworów powierzchniowych OPN i jego okolic (na podstawie Ryc. 1); l – lessy, mg – margle glaukonitowe, mt – martwice wapienne, n – namuły den dolinnych, o+w+me – opoki z czertami, wapienie margliste, margle, p – piaski, p+i – piaski miejscami ilaste i ily, p+z+gl – piaski i żwiry oraz mułki, gliny i piaski (mady) tarasów zalewowych 0,5–3 m n.p. rzeki, rs – rumosze skalne, ru+gl – rumosze krzemienne gliny z krzemieniami, zwietrzelinowe, wme – wapienie margliste, płytowe, wsk – wapienie skaliste, wsk+wł – wapienie skaliste i wapienie ławicowe (nierozdzielone), wł – wapienie ławicowe z krzemieniami (oraz nierozdzielone wapienie ławicowe i skaliste), zc+p – zlepieńce, miejscami piaskowce wapniste i piaski

- 2.6. Utwórz nowy layout mapy o nazwie `Layout_Litofacje`. Rozmiary układu niech wynoszą: 160 × 154 mm.
- 2.7. Dodaj do układu ramkę mapy `Map_Geol_Litofacje`, strzałkę północy oraz legendę.
- 2.8. Rozmiary ramki mapy zmień na: 140 × 150 mm, a współrzędne lewego górnego naroża ramki mapy na: X = 20 mm; Y = 152 mm.

- 2.9. Zmień skalę mapy na 1:68 000.
- 2.10. Jeśli to konieczne usuń z legendy kategorie `All other values` oraz nagłówki warstw i atrybutów, wg których kategoryzowano klasy obiektów.

Utworzony układ powinien mieć wygląd podobny do tego z **Ryc. 2**.

3. Pobieranie i instalacja program Fragstats

- 3.1. Program Fragstats można pobrać z [tej](#) lokalizacji.
- 3.2. Zainstaluj oprogramowanie na swoim domowym komputerze.

4. Otwieranie Fragstats

- 4.1. Otwórz program Fragstats.
- 4.2. Jeżeli nastąpił jakiś problem, zajrzyj do [dokumentacji](#).

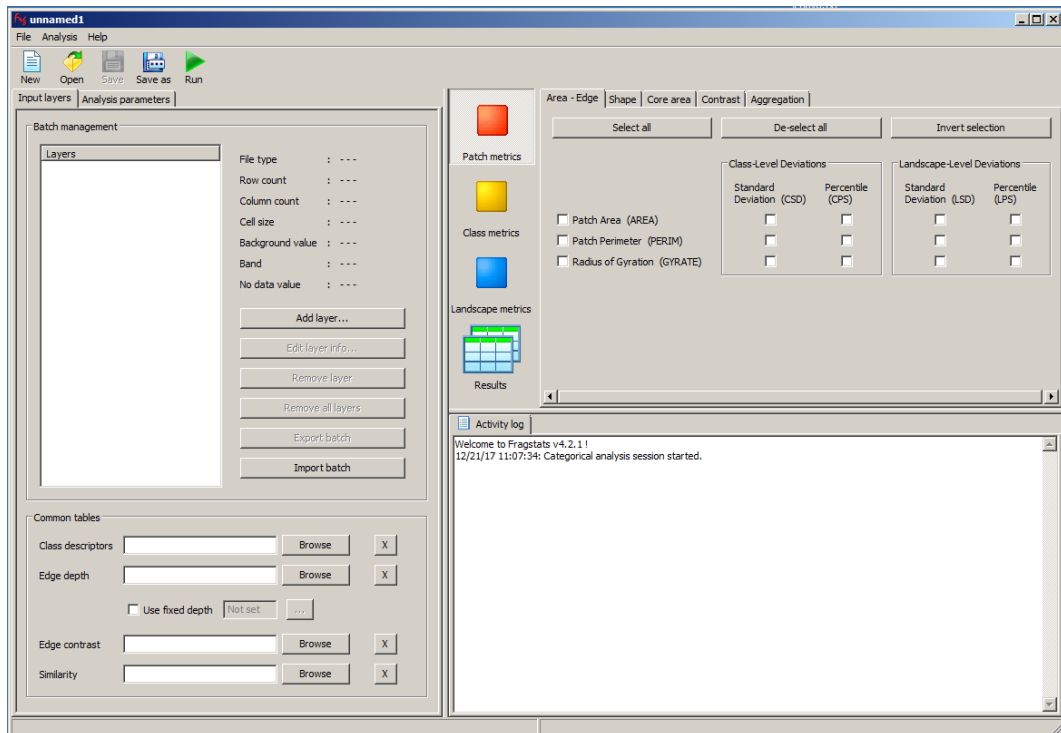
UWAGA

Program Fragstats miewa problemy ze ścieżkami do plików zawierającymi polskie znaki diakrytyczne. Unikaj ich.

5. Tworzenie nowego modelu

Po uruchomieniu oprogramowania, w celu analizy krajobrazu należy utworzyć model "Fragstats". Model Fragstats jest po prostu plikiem projektowym zawierającym kompletną informację potrzebną do przetwarzania pliku opisującego analizowany krajobraz.

- 5.1. Po otwarciu aplikacji Fragstats, kliknij przycisk *Nowy* znajdujący się na pasku narzędzi lub wybierz *Nowy* z menu głównego *File (Plik)*. Narzędzie utworzy pusty model, który będzie gotowy do parametryzacji (**Ryc. 3**).

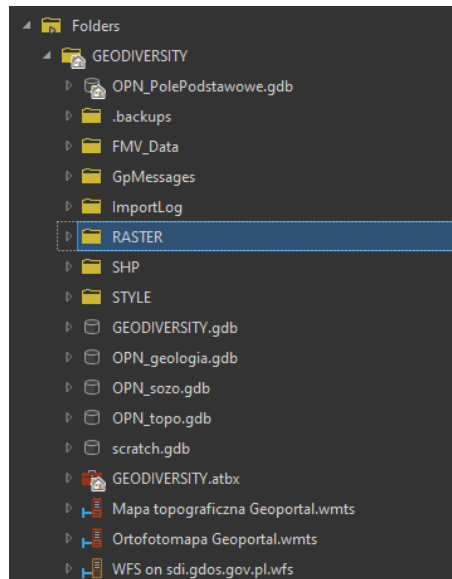


Ryc. 3. Panel wejściowy programu Fragstats

6. Rasteryzacja plików

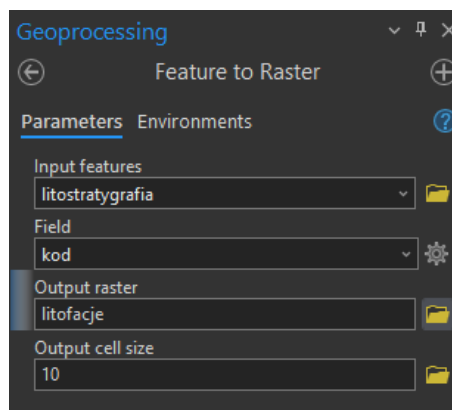
Oprogramowanie Fragstats współpracuje z danymi przestrzennymi o geometrii poligonowej przetworzonymi do modelu rastrowego. Aby móc wykonać analizy krajobrazowe każdorazowo musimy przekonwertować dane z modelu wektorowego do modelu rastrowego.

- 6.1. Jeśli to konieczne otwórz ArcGIS Pro.
- 6.2. W polu wyszukiwarki narzędzi *Command Search* wyszukaj narzędzie *Feature to Raster (Obiekt do rastra)*. Standardowo znajduje się ono w toolboxie *Conversion Tools > To Raster > Feature to Raster*.
- 6.3. Jako klasę do rasteryzacji wybierz zmienność litostratygraficzną litostratygrafia.
- 6.4. Będziemy ją rasteryzować w oparciu o wartości atrybutu `kod`. Ma on wartości uzależnione od litologii.
- 6.5. W folderze projektowym `\GEODIVERSITY\` utwórz podfolder `\RASTER\` (Ryc. 4). Będziemy do niego zapisywali przekonwertowane rastry.



Ryc. 4. Podfolder \RASTER\ utworzony w folderze projektowym \GEODIVERSITY

- 6.6. Plikowi wynikowemu rasteryzacji nadaj nazwę *litofacje*.
- 6.7. Jako wielkość komórki rastra wybierz 10 metrów (Ryc. 5).



Ryc. 5. Okno dialogowe narzędzia rasteryzacji klas wektorowych *Feature to Raster*

- 6.8. Po wypełnieniu okna dialogowego narzędzia geoprzetwarzania naciśnij przycisk *Run*.

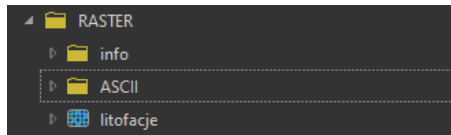
We wskazanej lokalizacji zostanie utworzony raster zmienności litofacjalnej. Program dodaje go na scenę mapy.

7. Export obrazu ESRI grid do formatu ASCII

Jednym z najlepszych sposobów na umożliwienie współpracy programu Fragstats z plikami grid utworzonymi w ArcGIS Pro, jest ich eksport do postaci **grid ASCII** oraz otwarcie takiego pliku w programie Fragstats. Pliki ASCII stanowią jeden ze sposobów zapisu danych rastrowych. Wartości komórek rastra są w nich zakodowane w postaci matrycy wartości wyświetlanego atrybutu. Matryca posiada n kolumn odpowiadających liczbie pikseli wzdłuż szerokości rastra i k wierszy odpowiadających liczbie pikseli wzdłuż

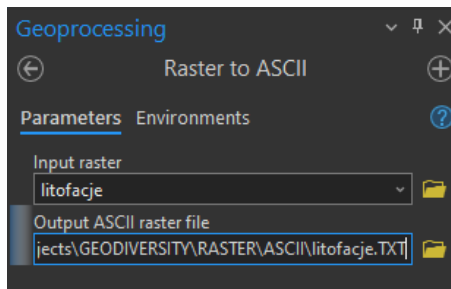
jego wysokości. Każda wartość w macierzy jest rozdzielona od wartości w sąsiednich kolumnach znakiem spacji, co pozwala na łatwą interpretację pliku.

- 7.1. Jeśli dotąd nie masz otwarty – dodaj na scenę mapy **grid** (raster) zróżnicowania litofacjalnego `litofacje`.
- 7.2. W podfolderze `\RASTER\` utwórz podfolder `\ASCII\`, do którego przekonwertujemy grid `litofacje` (Ryc. 6).



Ryc. 6. Podfolder `\ASCII\` utworzony w folderze projektowym `\GEODIVERSITY\RASTER\`

- 7.3. W polu wyszukiwarki narzędzi *Command Search* wyszukaj narzędzie *Raster to ASCII*. Standardowo znajduje się ono w *ArcToolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to ASCII*.
- 7.4. W polu *Input raster* wprowadź grid `litofacje` (Ryc. 7).
- 7.5. Wynikowy plik tekstowy o nazwie `litofacje.txt` zapisz do posiadanego folderu projektowego i nowego podfolderu `\Raster\ASCII\`.



Ryc. 7. Okno dialogowe konwersji rastrów do formatu ASCII

- 7.6. Po wypełnieniu okna dialogowego narzędzia geoprzetwarzania naciśnij przycisk *Run*.

8. Import grida

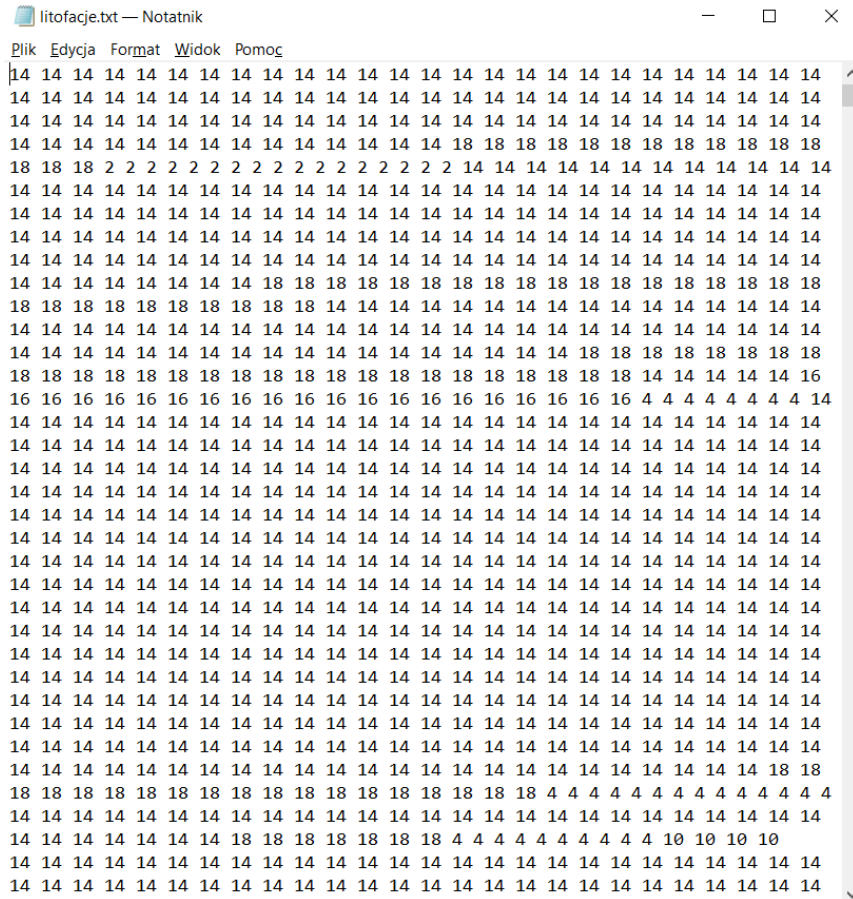
- 8.1. Otwórz utworzony plik tekstowy `litofacje.txt` w dowolnym edytorze tekstowym (Ryc. 8).

[illegible]

Ryc. 8. Struktura pliku ASCII grid litofacje.txt

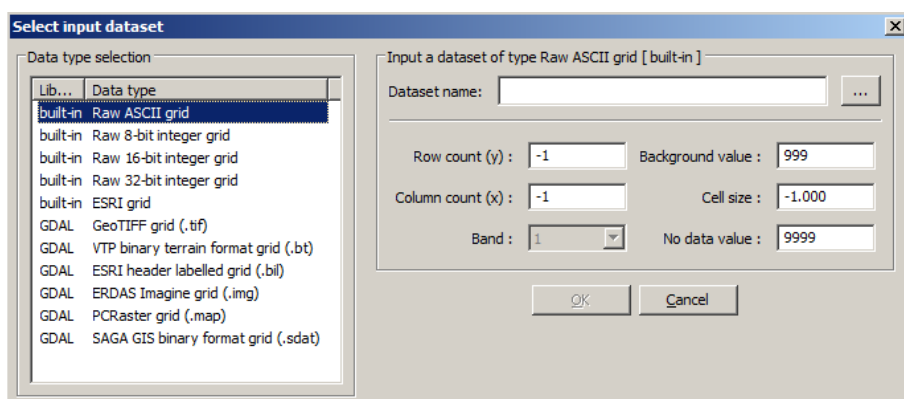
W pierwszych 6-ciu wierszach pliku `litofacje.txt` znajduje się nagłówek pliku (Ryc. 8). W pierwszych dwóch wierszach przedstawione są liczby kolumn (`ncols`) i wierszy (`nrows`). W przypadku omawianego pliku, obraz zawiera 900 kolumn i 1000 wierszy. W trzecim i czwartym wierszu zadeklarowano współrzędne płaskie (w wybranym Projected Coordinate System – PCS) lewego dolnego narożnika rastra (`xllcorner`, `yllcorner`). Pamiętamy, że naszym PCS jest odwzorowanie PUWG „1992”. W piątym wierszu nagłówka, w atrybucie `cellsize` zadeklarowano wielkość komórki podstawowej rastra (piksela). Jak widać, w naszym przypadku wielkość ta wynosi $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ (100 m^2). Ostatni wiersz nagłówka deklaruje wartości komórek, które stanowią tło (`Null`). W ostatnim wierszu nagłówka zadeklarowano wartość wskazującą na brak danych wynosi ona -9999 (w przypadku naszego zbioru nie ma takich pikseli). Wszystkie wartości zawarte w nagłówku będą nam potrzebne na etapie przygotowania pliku do analizy w programie Fragstats. Informacje nagłówka muszą zostać usunięte z pliku (skasowane), przed etapem analizy w Fragstats. Dlatego warto je zapisać sobie w osobnym pliku.

- 8.2. Zaznacz cały nagłówek i usuń go z pliku (**Ryc. 9**). Usuniętą zawartość zapisz do pliku `nagłówek.txt`. Zapisz zmodyfikowany plik pod nazwą `litofacje.asc`.



Ryc. 9. Struktura pliku `litofacje.txt` pozbawionego nagłówka

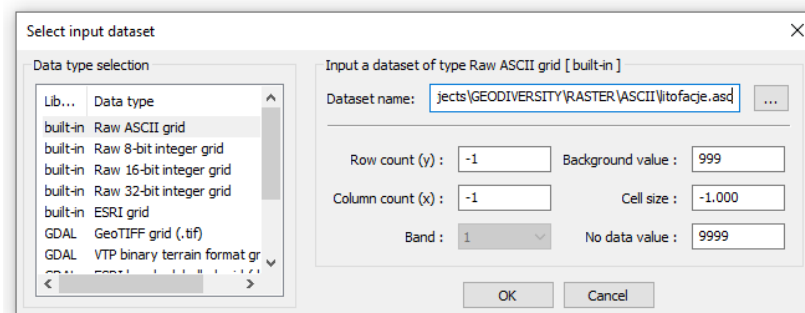
- 8.3. W programie Fragstats zaimportuj grid do analizy. W tym celu kliknij przycisk *Add Layer (Dodaj Warstwy)* znajdujący się wewnątrz *Batch management (Menedżera wsadów)* znajdującego się w zakładce *Input layers (Warstwy wejściowe)* (Ryc. 10).



Ryc. 10. Okno dialogowe *Wybór danych wejściowych (Select input dataset)*

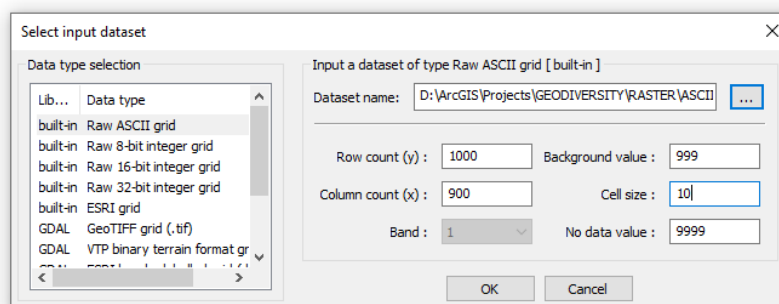
- 8.4. W oknie dialogowym *Select input dataset (Wybór zbioru danych wejściowych)*, w polu *Data type selection (Wybór typu danych)*, wybierz typ danych *Raw ASCII grid*, a następnie kliknij przycisk [...] i przejdź do

folderu z danymi projektowymi \GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\ i wybierz plik ASCII grid `litofacje.asc` (Ryc. 11).



Ryc. 11. Okno dialogowe wyboru zbioru danych wejściowych

- 8.5. Uzupełnij parametry pliku grid: *row count* (liczbę wierszy), *column count* (liczbę column), *background value* (wartość tła), *cell size* (wielkość piksela) w jednostce mapy oraz *No data value* (Wartość komórek pozbawionych danych). Do uzupełnienia parametrów wykorzystaj dane z pliku `nagłówek.txt` (Ryc. 12).



Ryc. 12. Okno dialogowe wyboru zbioru danych wejściowych z uzupełnionymi parametrami pliku grid

Domyślnie wartość kategorii tła jest ustawiona na 999 ale, o ile rozumiemy konsekwencje, można ją zmienić na dowolną wartość. Tło to kategoria używana do rozróżniania komórek, które chcemy podczas analizy zignorować. Mogą to być komórki, które np. z powodu braku danych, nie mogły zostać sklasyfikowane jako prawdziwe kategorie pokrycia terenu lub komórki, które po prostu chcemy potraktować jako część macierzy tła w krajobrazie.

UWAGA

Podczas importu danych w formacie Geotiff (lub ArcGrid), informacje o atrybutach grida (liczba wierszy (y), liczby kolumn (x), rozmiar komórki i wartości nodata) są odczytywane z nagłówka pliku grid, a więc pól tych nie potrzeba wprowadzać i ich edycja jest wtedy wyłączona (są szare). Jedyny atrybut, który może wymagać modyfikacji to wartość tła.

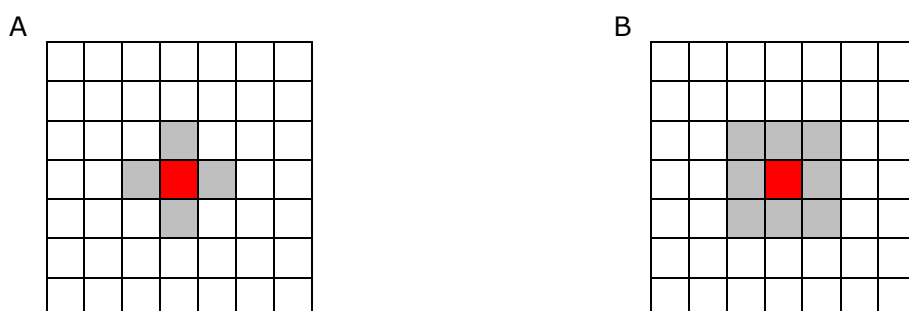
8.6. Po uzupełnieniu danych naciśnij przycisk OK.

9. Parametry analizy

Zanim przystąpimy do obliczeń, musimy zadeklarować kilka niezbędnych parametrów analizy.

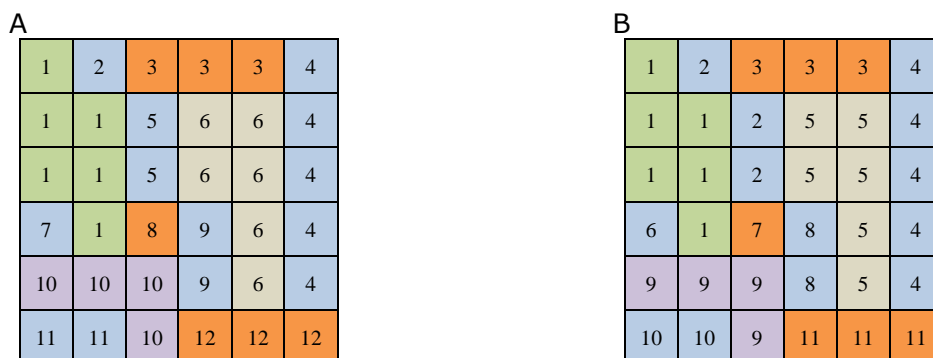
9.1. Wybierz zakładkę *Analysis parameters (Parametry analizy)* znajdującą się w lewym panelu interfejsu użytkownika.

Musimy wybrać 4-komórkową, bądź 8-komórkową regułę sąsiedztwa, która będzie stosowana podczas obliczeń wskaźników krajobrazowych (**Ryc. 13**).



Ryc. 13. Definicja sąsiedztwa cztero- (A) i ośmio-komórkowego (B)

Wybór reguły sąsiedztwa wpływa na wyniki analiz (**Ryc. 14**).



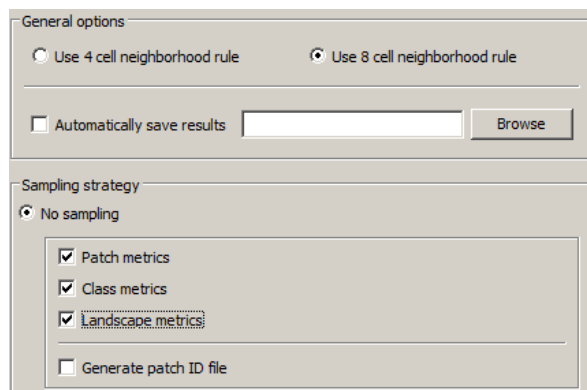
Ryc. 14. Zastosowanie reguły sąsiedztwa cztero- (A) i ośmio-komórkowego (B); kolorami oznaczono rzeczywistą przynależność pikseli do płatów zaś liczbami – przynależność teoretyczną obliczoną na podstawie odpowiedniej reguły

W przykładzie z **Ryc. 14A**, zastosowanie reguły sąsiedztwa czterokomórkowego (bez uwzględniania komórek diagonalnych) powoduje że liczba obliczonych płatów wynosi **12**, a w przypadku zastosowanie reguły sąsiedztwa ośmiokomórkowego (uwzględniającego komórki diagonalne) (**Ryc. 14B**) liczba obliczonych płatów wynosi **11**.

W tym ćwiczeniu wykorzystamy sąsiedztwo 8-komórkowe oraz strategię bez próbkowania.

9.2. Z menu w zakładce *Analysis parameters (Parametry analizy)*, w polu *General options* wybierz opcję "Use 8 cell neighborhood rule".

- 9.3. W polu *Sampling strategy* wybierz opcję *No sampling*, a następnie wybierz wszystkie trzy opcjonalne rodzaje wskaźników: *Patch metrics* (wskaźniki na poziomie płatów), *Class metrics* (wskaźniki na poziomie kategorii) oraz *Landscape metrics* (wskaźniki na poziomie krajobrazu) (Ryc. 15).



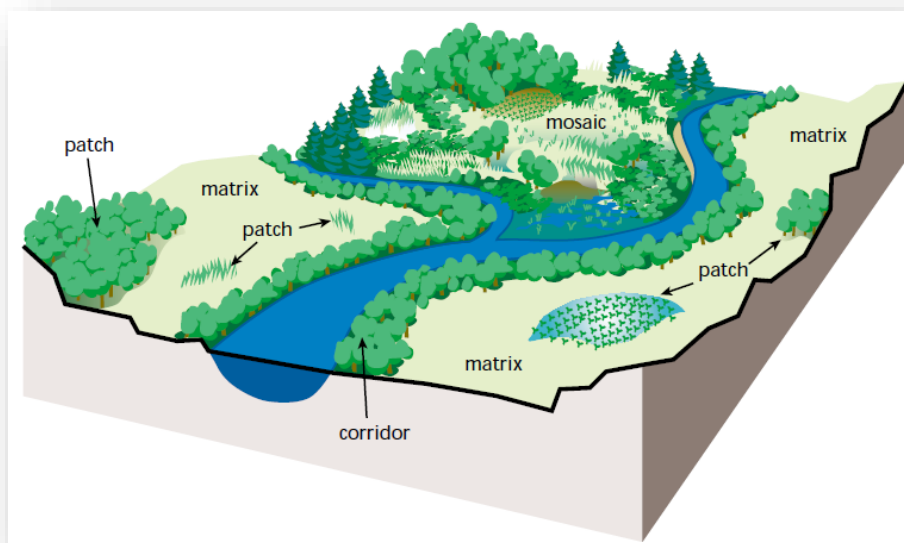
Ryc. 15. Parametry analizy

UWAGA

Aby móc uruchomić obliczenia, musimy mieć wybrany przynajmniej jeden rodzaj wskaźników krajobrazowych (na poziomie płatów / kategorii lub całego krajobrazu).

- 9.4. Na koniec zaznaczmy opcję *Automatically save results* (*Zapisz automatycznie wyniki*). Spowoduje to automatyczne wygenerowanie plików wynikowych z obliczonymi wartościami wybranych metryk krajobrazowych.
- 9.5. W folderze \GEODIVERSITY\RASTER utwórz podfolder \FRAGSTATS\, w którym będziemy gromadzili wyniki analiz.
- 9.6. Wybierzmy lokalizację, w której zostaną zapisane pliki wynikowe: \GEODIVERSITY\RASTER\FRAGSTATS\litofacje. Ostatni człon podanej ścieżki „litofacje” będzie tym razem nagłówkiem plików wynikowych analizy. Jeżeli wybrano metryki dla trzech poziomów analizy krajobrazu (płatów, kategorii i całego krajobrazu), generowane będą trzy pliki wynikowe: `litofacje.patch`, `litofacje.class` i `litofacje.land`.

Do opisu struktury krajobrazu wykorzystujemy model płatów-korytarzy-matrycy (Ryc. 16; Forman & Godron 1986), w którym homogeniczne jednostki nazywane płatami, są połączone korytarzami i występują w pewnym tle nazywanym matrycą. Opis składników środowiska dokonywany jest na trzech poziomach szczegółowości: ogólnym (**poziom krajobrazu**) bardziej szczegółowym (**poziom kategorii**) i najbardziej szczegółowym – **poziomie płatów**. Dla każdego poziomu będziemy wybierać interesujące nas wskaźniki.



Ryc. 16. Model krajobrazu Model krajobrazu płyty-korytarze-matryca (Gökyer 2013)

10. Generowanie indeksów płatów

Opcjonalnie można zaznaczyć pole wyboru *Generate patch ID file*. Zaznaczenie tej opcji spowoduje, że Fragstats wygeneruje plik identyfikatorów płatów. Format pliku będzie identyczny jak danych wejściowych. Każda komórka będzie miała przypisany unikalny identyfikator ID płata, do którego należy. Tak więc wszystkie komórki należące do płata 1 będą miały ID = 1. Zaś wszystkim komórkom należącym do płata o ID = 2, zostanie przypisana wartość 2 itd. Dzięki temu unikalne wartości identyfikatora płata będą odpowiadać unikalnym wartościom identyfikatora płata w polu PID pliku metryk krajobrazowych obliczanych na poziomie płatów (*nazwa.patch*). Dzięki temu plik identyfikatora płatów może zostać użyty do połączenia wyników wskaźników obliczonych na poziomie płatów z wynikami obliczonymi na poziomie krajobrazu. Połączenia dokonujemy w oprogramowaniu ArcGIS Pro.

11. Wybór metryk krajobrazowych

Wyberzemy teraz wskaźniki do obliczenia dla poziomu płatów, kategorii i całego krajobrazu. Definicje najważniejszych metryk zostały przedstawione w [Miary krajobrazowe](#).

- 11.1. Aby rozpocząć, w głównym oknie programu, w prawym panelu (Ryc. 3), kliknij przycisk *Patch metrics* (Metryki płatów).

W górnej części okna znajduje się pięć zakładek grupujących rodzaje metryk krajobrazowych: *Area-Edge* (Powierzchnia-krawędzie, Ryc. 17), *Shape* (Kształt, Ryc. 18), *Core Area* (Strefy centralne, Ryc. 19), *Contrast* (Kontrastu, Ryc. 20) oraz *Aggregation* (Agregacji, Ryc. 21).

Area - Edge | Shape | Core area | Contrast | Aggregation

Select all | De-select all | Invert selection

Class-Level Deviations

	Standard Deviation (CSD)	Percentile (CPS)
<input type="checkbox"/> Patch Area (AREA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Patch Perimeter (PERIM)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Radius of Gyration (GYRATE)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Landscape-Level Deviations

	Standard Deviation (LSD)	Percentile (LPS)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ryc. 17. Dostępne metryki krajobrazowe powierzchni-krawędzi obliczane na poziomie płatów

Area - Edge | Shape | Core area | Contrast | Aggregation

Select all | De-select all | Invert selection

Class Level Deviations

	Standard Deviation (CSD)	Percentile (CPS)
<input type="checkbox"/> Perimeter-Area Ratio (PARA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Shape Index (SHAPE)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Fractal Dimension Index (FRAC)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Related Circumscribing Circle (CIRCLE)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Contiguity Index (CONTIG)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Landscape Level Deviations

	Standard Deviation (LSD)	Percentile (LPS)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ryc. 18. Dostępne metryki krajobrazowe kształtu obliczane na poziomie płatów

Area - Edge | Shape | Core area | Contrast | Aggregation

Select all | De-select all | Invert selection

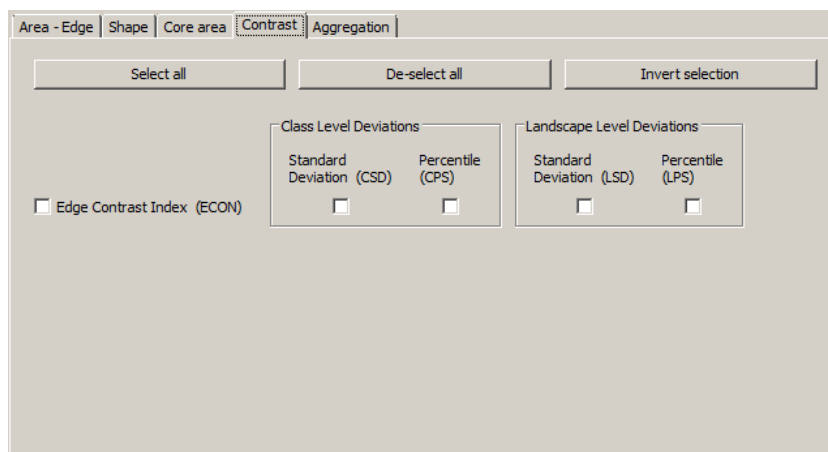
Class Level Deviations

	Standard Deviation (CSD)	Percentile (CPS)
<input type="checkbox"/> Core Area (CORE)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Number of Core Areas (NCORE)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Core Area Index (CAI)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

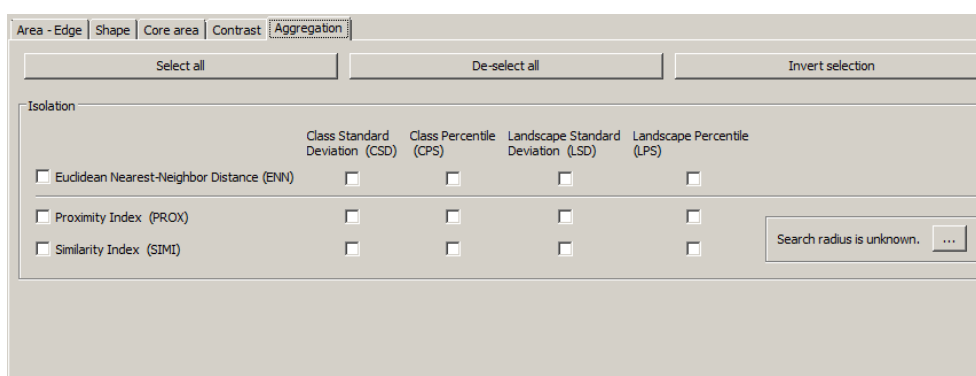
Landscape Level Deviations

	Standard Deviation (LSD)	Percentile (LPS)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ryc. 19. Dostępne metryki krajobrazowe stref centralnych obliczane na poziomie płatów



Ryc. 20. Dostępne metryki krajobrazowe kontrastu obliczane na poziomie płatów



Ryc. 21. Dostępne metryki krajobrazowe agregacji obliczane na poziomie płatów

Z każdego z dostępnych zestawów wskaźników krajobrazowych można wybrać do obliczeń dowolną metrykę. Można także wybrać wszystkie metryki za pomocą przycisku "Select all".

UWAGA

w zakładce *Aggregation* (*Wskaźniki agregacji*), jeśli wybierzesz *Proximity index* (*Indeks zbliżenia*) lub *Similarity index* (*Indeks podobieństwa*), musisz również określić *Search radius* (*Promień wyszukiwania*). Indeks podobieństwa wymaga również tabeli wag podobieństwa (zob. poniżej). Aby określić promień wyszukiwania, kliknij przycisk [...] i wprowadź żądany promień wyszukiwania wyrażony w metrach, np. 500.

- 11.2. Z grupy metryk *Powierzchnia-krawędzie*, wybierz metryki: Powierzchnia płatów (*AREA*) i obwód płatów (*PERIM*) (Ryc. 22).

Ryc. 22. Wybór metryk krajobrazowych powierzchni-krawędzi obliczanych na poziomie płatów

- 11.3. Naciśnij teraz przycisk **Metryki na poziomie kategorii** (*Class metrics*). W górnej części okna, ponownie znajdziemy pięć zakładek grupujących rodzaje metryk krajobrazowych: *Area-Edge* (Powierzchnia-krawędzie), *Shape* (Kształt), *Core Area* (Strefy centralne), *Contrast* (Kontrastu) oraz *Aggregation* (Agregacji). Podobnie jak poprzednio, wskaźniki możemy wybierać pojedynczo albo przyciskiem "Wybierz wszystko".
- 11.4. Z kategorii *Powierzchnia-krawędzie* wybierzmy metryki: powierzchnię zajmowaną przez wszystkie płyty danej kategorii (*TA*), procentowy udział kategorii w krajobrazie (*PLAND*), wskaźnik największej jednostki (*LPI*), długość krawędzi (*TE*), gęstość krawędzi wszystkich jednostek (*ED*) oraz przeciętną wielkość zajmowaną przez płyty danej kategorii (*AREA – Mean MN*) oraz ich współczynnik zmienności (*AREA – Coefficient of Variation CV*) (Ryc. 23).

Ryc. 23. Wybór metryk krajobrazowych powierzchni-krawędzi obliczanych na poziomie kategorii

- 11.5. Spośród miar kształtu (na poziomie kategorii) wybierzmy: wskaźnik kształtu (*SHAPE*) oraz wymiar fraktalny (*FRAC*). Oba wskaźniki są obliczane na podstawie własności wszystkich płatów danej kategorii, dlatego są dla nich

dostępne estymatory różnych parametrów statystycznych. Wybierzemy średnią arytmetyczną (*MN*) oraz współczynnik zmienności (*CV*) (**Ryc. 24**).

	Mean (MN)	Area-Weighted Mean (AM)	Median (MD)	Range (RA)	Standard Deviation (SD)	Coefficient of Variation (CV)
Perimeter - Area Ratio (PARA_?)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Shape Index (SHAPE_?)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fractal Dimension Index (FRAC_?)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Related Circumscribing Circle (CIRCLE_?)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contiguity Index (CONTIG_?)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ryc. 24. Wybór metryk krajobrazowych kształtu obliczanych na poziomie kategorii

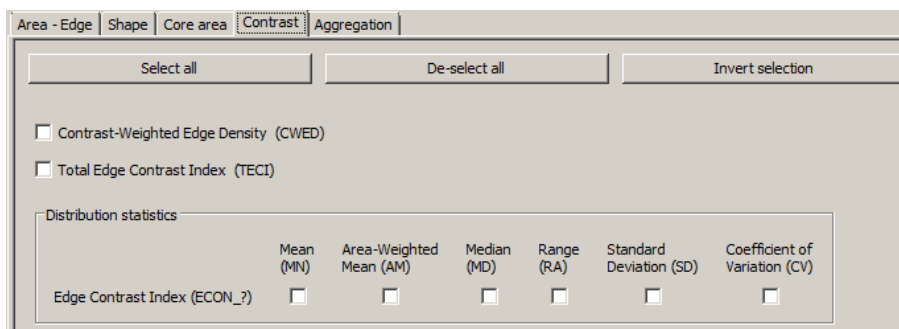
- 11.6. W analizach nie będziemy wykorzystywali żadnego wskaźnika krajobrazowego z grupy metryk stref centralnych, dlatego na kolejnej zakładce nie zaznaczamy żadnych wskaźników (**Ryc. 25**).

	Mean (MN)	Area-Weighted Mean (AM)	Median (MD)	Range (RA)	Standard Deviation (SD)	Coefficient of Variation (CV)
Core Area (CORE_?)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Disjunct Core Area (DCORE_?)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Core Area Index (CAI_?)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NOTE:
Core Area Index Area-Weighted Mean (CAI_AM) is the same as Total Core Area Index (TCAI) as reported in Fragstats2.0.

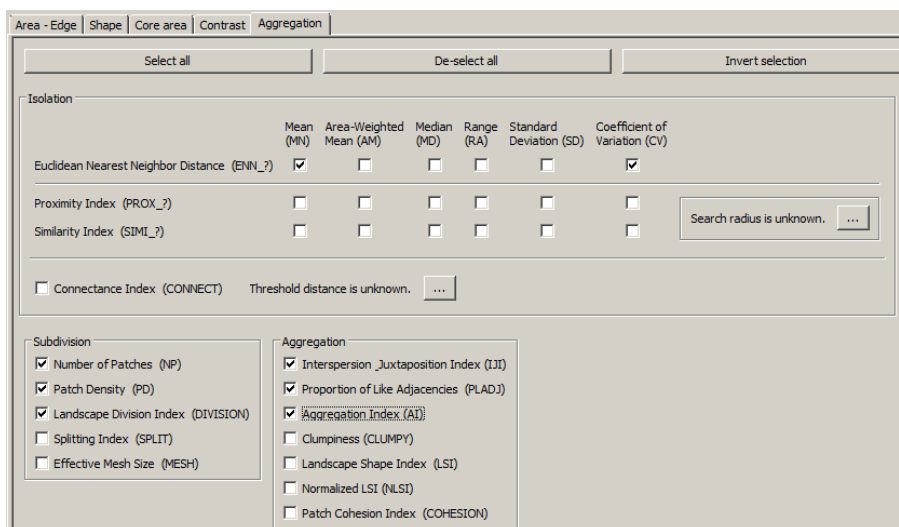
Ryc. 25. Wybór metryk krajobrazowych stref centralnych obliczanych na poziomie kategorii

- 11.7. Nie będziemy też wykorzystywali żadnego wskaźnika krajobrazowego z grupy metryk kontrastu, dlatego na zakładce *Contrast* także nie zaznaczamy żadnych wskaźników (**Ryc. 26**).



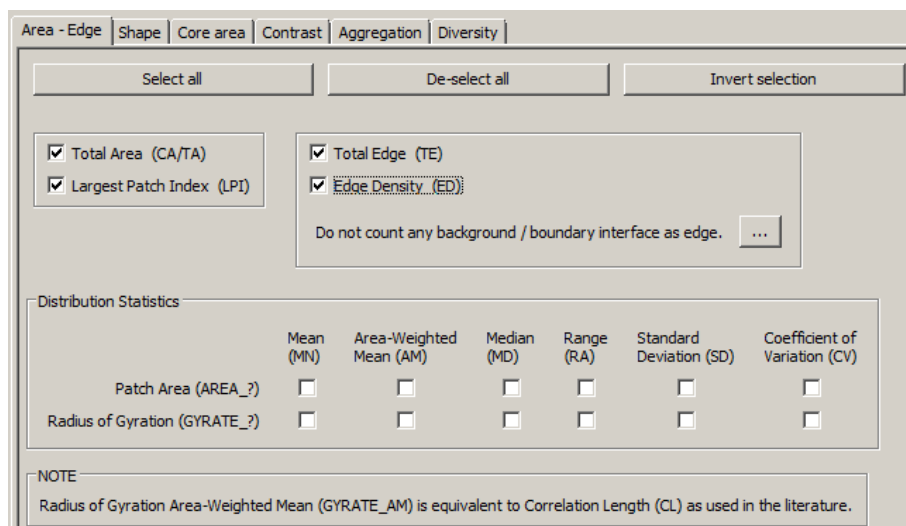
Ryc. 26. Wybór metryk krajobrazowych kontrastu obliczanych na poziomie kategorii

- 11.8. Spośród miar skupienie (agregacji) wybierzmy: *NP* (Liczba płatów), *PD* (Gęstość płatów), *DIVISION* (Wskaźnik fragmentacji), *IJI* (Wskaźnik zróżnicowania granic), *PLADJ* (Wskaźnik procent identycznego sąsiedztwa), *AI* (Wskaźnik agregacji) oraz *ENN* (Odległość do najbliższego elementu tej samej kategorii). Dla ostatniego wskaźnika wybierzmy estymatory średniej arytmetycznej (*MN*) oraz współczynnik zmienności (*CV*) (Ryc. 27).



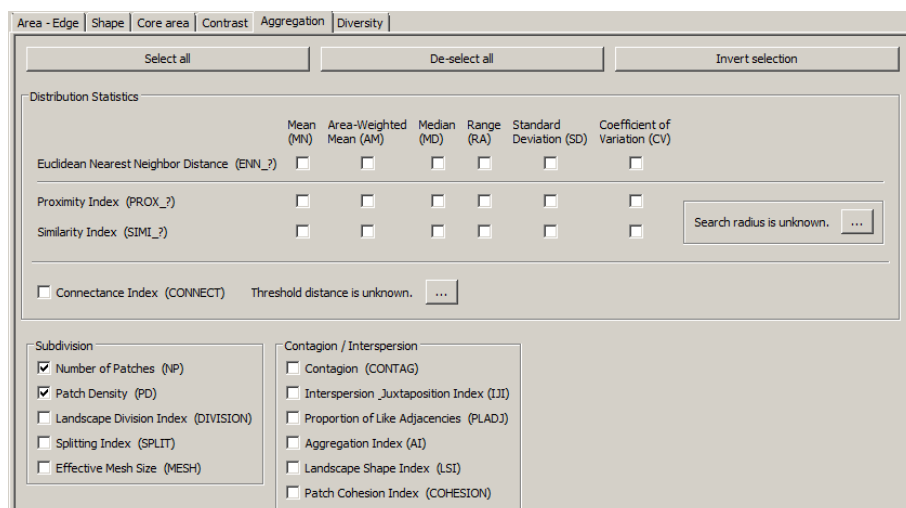
Ryc. 27. Wybór metryk krajobrazowych agregacji obliczanych na poziomie kategorii

Przejdźmy teraz do metryk obliczanych **na poziomie całego krajobrazu** (*Landscape metrics*). Od razu zauważamy, że do standardowego zestawu zakładek został dodany zbiór miar *różnorodności* (*Diversity*) (Ryc. 28).



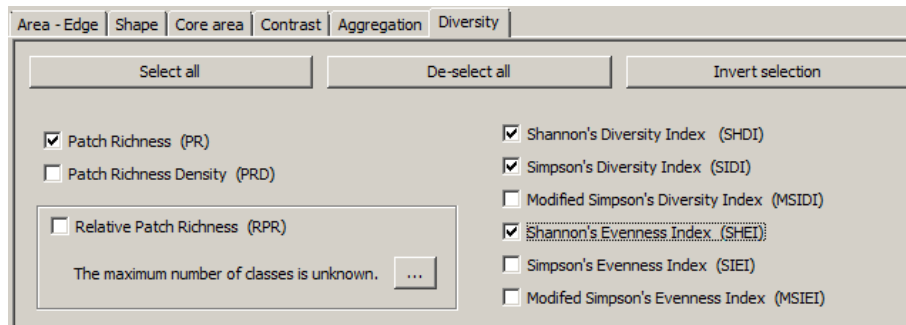
Ryc. 28. Wybór metryk krajobrazowych powierzchni-krawędzi obliczanych na poziomie całego krajobrazu

- 11.9. Spośród miar *Powierzchnia-krawędzie* obliczanych na poziomie całego krajobrazu wybierzmy metryki: *CA/TA* (Całkowita powierzchnię krajobrazu), *LPI* (Część powierzchni zajmowaną przez największy płat), *TE* (Długość krawędzi) oraz *ED* (Gęstość krawędzi) (Ryc. 28).
- 11.10. Pomińmy zakładki: *Shape*, *Core area*, *Contrast* i otwórzmy zakładkę *Aggregation*.
- 11.11. Zaznaczmy na niej metryki: *NP* (Liczba płatów) oraz *PD* (Gęstość płatów) (Ryc. 29).



Ryc. 29. Wybór metryk krajobrazowych skupienia, obliczanych na poziomie całego krajobrazu

- 11.12. Przejdźmy do zakładki miar *różnorodności* (*Diversity*) i wybierzmy następujące wskaźniki krajobrazowe: *PR* (Liczba kategorii), *SHDI* (Wskaźnik różnorodności Shannona-Weavera), *SIDI* (Wskaźnik różnorodności Simpsona) oraz *SHEI* (Wskaźnik równomierności Shannona) (Ryc. 30).



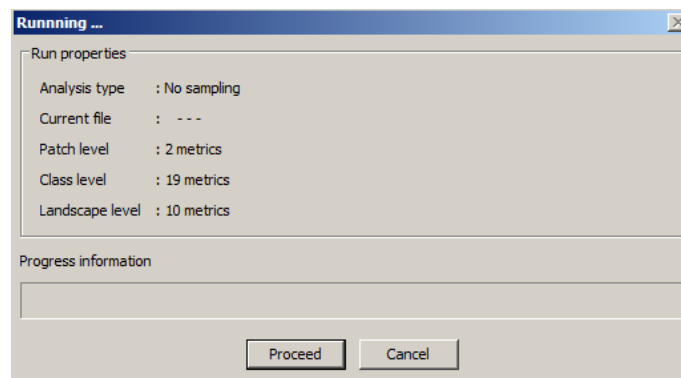
Ryc. 30. Wybór metryk krajobrazowych różnorodności obliczanych na poziomie całego krajobrazu

- 11.13. Po uzupełnieniu wszystkich niezbędnych metryk, zachowajmy plik projektowy Fragstats. W tym celu naciśnij przycisk *Save*. Plik projektowy zapiszmy w folderze `\GEODIVERSITY\RASTER\FRAGSTATS` nazwijmy go `litofacje.fca`.

12. Wykonanie analiz

- 12.1. Aby uruchomić przygotowane analizy, należy nacisnąć zielony przycisk *Run*, znajdujący się w górnej części panelu użytkownika.

W wyniku naciśnięcia przycisku *Run*, otworzone zostanie okno dialogowe *Runnnng* (Ryc. 31). Możemy się z niego zorientować w ilości metryk wybranych do analizy. W naszym przypadku wybrano 2 metryki na poziomie płatów, 19 metryk na poziomie kategorii oraz 10 metryk na poziomie całego krajobrazu. Jeśli w Twoim przypadku opis jest inny – wróć i popraw wybór obliczanych metryk krajobrazowych.



Ryc. 31. Okno dialogowe *Runnnng* z krótkim raportem wybranych metryk krajobrazowych

- 12.2. Za pomocą przycisku *Proceed*, znajdującego się w dolnej części okna dialogowego *Runnnng*, uruchamiamy proces obliczeń metryk krajobrazowych. Pasek postępu informuje nas o postępie wykonywanych analiz.

Wykonywane operacje oraz ewentualne błędy są rejestrowane w pliku logów aktywności widocznym w dolnej części panelu użytkownika (Ryc. 32).

```
06/21/23 10:01:51: Error: Invalid number of columns: -1
06/21/23 10:01:51: Error: Invalid number of rows: -1
06/21/23 10:14:10: Error: Invalid cell size: -1.000
06/21/23 10:14:10: Error: Invalid number of columns: -1
06/21/23 10:14:10: Error: Invalid number of rows: -1
06/21/23 10:16:01: Error: Invalid cell size: -1.000
06/21/23 10:16:01: Error: Invalid number of columns: -1
06/21/23 10:16:01: Error: Invalid number of rows: -1
06/21/23 10:38:59: Checking model consistency
06/21/23 10:38:59: Model consistency check: OK
06/21/23 10:41:00: Starting run 1.
06/21/23 10:41:00: Analyzing file: D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\litofacje.asc
06/21/23 10:41:05: Run 1 ended.
06/21/23 10:41:05: Results saved using base file name: D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\FRAGSTATS\litofacje.
06/21/23 10:41:05: Run completed in 5.06s, please review the results.
```

Ryc. 32. Wpisy logów przy poprawnym przetwarzaniu danych

Wyniki analiz są dostępne w programie pod przyciskiem *Results* (Ryc. 3, Ryc. 33).

Patch	Class	Landscape			
	LID	PID	TYPE	AREA	PERIM
1	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	1	ds_14	50.0400	5480.0000
2	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	4	ds_14	287.8600	27280.0000
3	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	6	ds_14	27.4600	4820.0000
4	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	8	ds_14	0.0500	120.0000
5	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	11	ds_14	2781.0800	179820.0000
6	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	14	ds_14	6.7700	1720.0000
7	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	26	ds_14	0.3900	300.0000
8	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	46	ds_14	34.2900	3680.0000
9	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	64	ds_14	25.3100	4740.0000
10	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	87	ds_14	620.2000	48780.0000
11	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	154	ds_14	29.8800	3500.0000
12	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	181	ds_14	5.0000	1320.0000
13	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	191	ds_14	0.0300	80.0000
14	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	193	ds_14	201.5900	19380.0000
15	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	199	ds_14	2.0600	840.0000
16	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	202	ds_14	1490.7000	139700.0000
17	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	222	ds_14	0.0600	140.0000
18	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	234	ds_14	1.1900	740.0000
19	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	296	ds_14	2.6400	1740.0000
20	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	310	ds_14	1.6500	900.0000
21	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	311	ds_14	46.8800	8420.0000
22	D:\ArcGIS\Projects\GEODIVERSITY\RASTER\ASCII\litofacje.asc	319	ds_14	12.5400	2380.0000

Ryc. 33. Okno wyników analiz miar krajobrazowych dla poziomych płatów

O ile zaznaczono opcję *Automatically save results* (zob. pkt. 9.4), zostają także wyprowadzone do trzech zewnętrznych plików: `litofacje.patch`, `litofacje.class` i `litofacje.land` (Ryc. 34).

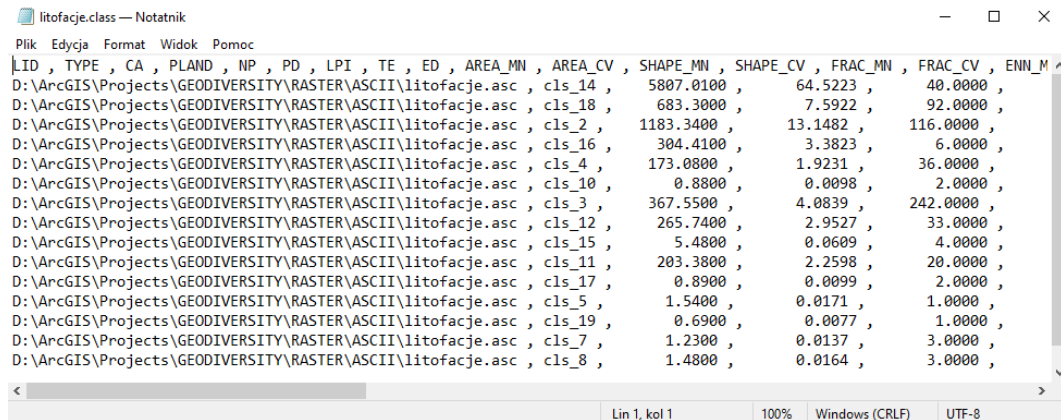
litofacje.adj	21.06.2023 10:41	Plik ADJ	2 KB
litofacje.class	21.06.2023 10:41	Plik CLASS	6 KB
litofacje.fca	21.06.2023 10:38	A file containing a...	59 KB
litofacje.land	21.06.2023 10:41	Plik LAND	1 KB
litofacje.patch	21.06.2023 10:41	Plik PATCH	67 KB

Ryc. 34. Pliki wynikowe analiz wygenerowane przez program Fragstats

13. Odczytywanie plików metryk krajobrazowych

Wygenerowane zbiory wyników (Ryc. 34) są plikami tekstowymi. W celu dalszej obróbki i / lub interpretacji, należy je otworzyć w programie MS Excel.

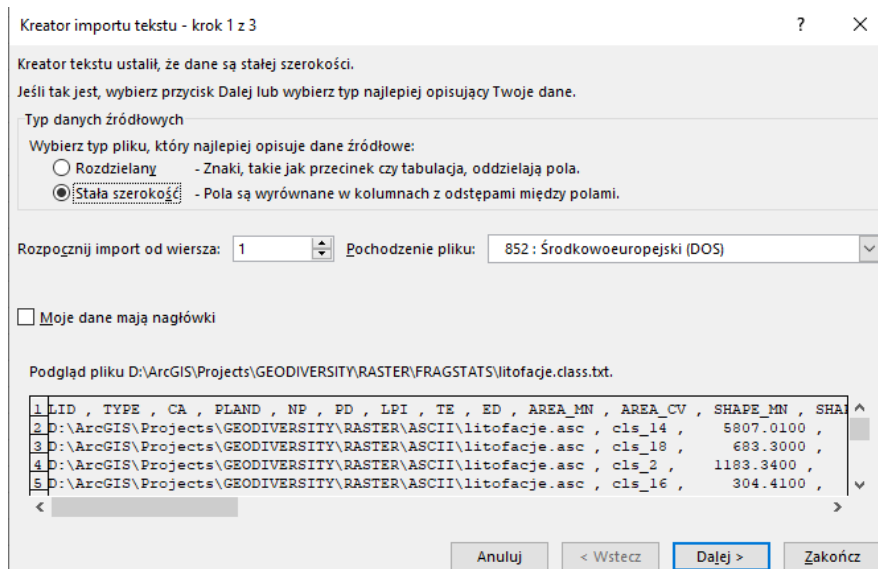
- 13.1. Aby ułatwić podgląd wygenerowanych plików, zmień ich nazwy dodając na końcu każdego z nich rozszerzenie `.txt`. Teraz można je bezproblemowo otworzyć w każdym edytorze tekstowym (Ryc. 35).



Ryc. 35. Podgląd pliku `litofacje.class.txt`

Plik będzie znacznie bardziej czytelny jeśli zaimportujemy go do MS Excela.

- 13.2. Aby zaimportować plik do MS Excel, otwórz w aplikacji pusty skoroszyt, a następnie wybierz Plik > Otwórz, a następnie wybierz ścieżkę do pliku `litofacje.class.txt`.
- 13.3. Otworzy się kreator importu tekstu (Ryc. 36). Wybierz typ pliku, który najlepiej opisuje dane źródłowe jako „Rozdzielany”, a następnie naciśnij przycisk *Dalej* >.



Ryc. 36. Kreator importu tekstu MS Excel z importowanym plikiem `litofacje.class.txt`

- 13.4. Jako ogranicznik rozdzielający kolumny wybierz przecinek.
- 13.5. Kliknij kolejno: *Dalej* > oraz *Zakończ*.

W wyniku importu pliku `litofacje.class.txt`, w programie Excel pojawi się zestaw obliczonych metryk dla poziomu kategorii (Ryc. 37). Kolumna `TYPE` definiuje kategorie wydziałów litofacyjnych.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	LID	TYPE	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	AREA_MN	AREA_CV	SHAPE_M	SHAPE_C	FRAC_MN	FRAC_CV	ENN_MN	ENN_CV	PLADJ	UI	DIVISION	AI
2	D:\ArcGIS\cls_14		5807.01	64.522	40.000	0.4444	30.900	458660.0	50.962	145.175	338.139	2.1566	80.562	1.1046	5.5382	60.808	0.5281	97.911	58.288	0.8706	98.0407
3	D:\ArcGIS\cls_18		683.300	7.5922	92.000	1.0222	0.7139	323620.0	35.957	7.4272	131.403	3.2369	40.490	1.2046	5.4500	186.270	0.0592	88.048	41.924	0.9998	88.3867
4	D:\ArcGIS\cls_2		1183.34	13.148	116.000	1.2889	0.8637	319620.0	35.513	10.201	143.290	2.1302	44.254	1.1246	5.8508	42.224	0.6247	93.183	56.299	0.9995	92.4554
5	D:\ArcGIS\cls_16		304.410	3.3823	6.0000	0.0667	2.0666	91130.00	10.125	50.735	122.581	5.1460	37.455	1.2493	2.6923	959.966	0.0020	92.413	51.734	0.9995	92.9460
6	D:\ArcGIS\cls_4		173.080	1.9231	36.000	0.4000	0.2588	52930.00	5.8811	4.8078	102.371	1.7915	28.333	1.1088	3.8022	268.714	0.0314	92.009	53.504	1.0000	92.7166
7	D:\ArcGIS\cls_10		0.8800	0.0098	2.0000	0.0222	0.0064	550.000	0.0611	0.4400	31.818	1.4261	21.115	1.0881	4.5503	3056.30	0.0035	78.977	34.111	1.0000	88.5350
8	D:\ArcGIS\cls_3		367.550	4.0839	242.000	2.6889	0.2221	142870.0	15.874	1.5188	178.728	1.3298	21.966	1.0653	3.3644	85.5354	0.1180	90.229	49.073	1.0000	90.7037
9	D:\ArcGIS\cls_12		265.740	2.9527	33.000	0.3667	1.0326	45470.00	5.0522	8.0527	199.355	1.4015	21.140	1.0665	3.3401	268.519	0.0664	95.719	41.846	0.9999	96.3121
10	D:\ArcGIS\cls_15		5.4800	0.0609	4.0000	0.0444	0.0163	2660.00	0.2956	1.3700	8.6212	1.4065	11.103	1.0737	2.2027	1676.16	0.0013	87.865	66.545	1.0000	91.8017
11	D:\ArcGIS\cls_11		203.380	2.2598	20.000	0.2222	0.7193	36340.00	4.0378	10.169	144.050	1.5509	40.966	1.0704	4.6306	390.019	0.0085	95.427	36.128	0.9999	96.1030
12	D:\ArcGIS\cls_17		0.8900	0.0099	2.0000	0.0222	0.0052	640.000	0.0711	0.4450	5.6180	1.1868	3.7037	1.0435	0.6696	3144.02	0.0005	82.022	25.351	1.0000	91.8239
13	D:\ArcGIS\cls_5		1.5400	0.0171	1.0000	0.0111	0.0171	780.000	0.0867	1.5400	0.0000	1.5600	0.0000	1.0937	0.0000	N/A	N/A	87.337	-0.0000	1.0000	95.0530
14	D:\ArcGIS\cls_19		0.6900	0.0077	1.0000	0.0111	0.0077	440.000	0.0489	0.6900	0.0000	1.2941	0.0000	1.0635	0.0000	N/A	N/A	84.058	25.277	1.0000	95.8678
15	D:\ArcGIS\cls_7		1.2300	0.0137	3.0000	0.0333	0.0083	880.000	0.0978	0.4100	74.406	1.2116	12.637	1.0469	3.2125	146.774	0.2585	82.113	38.680	1.0000	90.5830
16	D:\ArcGIS\cls_8		1.4800	0.0164	3.0000	0.0333	0.0082	1010.00	0.1122	0.4933	44.172	1.2704	4.3046	1.0699	0.3403	1247.31	0.0059	81.418	33.547	1.0000	88.9299

Ryc. 37. Fragment arkusza kalkulacyjnego MS Excel z zaimportowanym plikiem metryk krajobrazowych na poziomie kategorii

14. Interpretacja wyników analiz

Interpretacja miar krajobrazowych wymaga dokładnego zapoznania się z ich definicjami. Poniżej zostanie przedstawiona przykładowa ilościowa interpretacja jednego z komponentów krajobrazu rejonu Ojcowskiego Parku Narodowego – zmienności litofacjalnej.

Analizowany obszar posiada powierzchnię 9 000 ha (90 km²; Tab. 1).

Tab. 1. Miary krajobrazowe zmienności podstawowych form rzeźby terenu na poziomie krajobrazu

TA [ha]	NP [-]	PD [liczba / 100 h a]	LPI [%]	TE [m]	ED [m/ha]	PR [-]	SHDI [-]	SIDI [-]	SHEI [-]
9000	601	6,7	30,9	738 800	82,1	15	1,3	0,6	0,5

Model zmienności litofacjalnej obejmuje piętnaście kategorii litofacjalnych (Ryc. 2; Tab. 2).

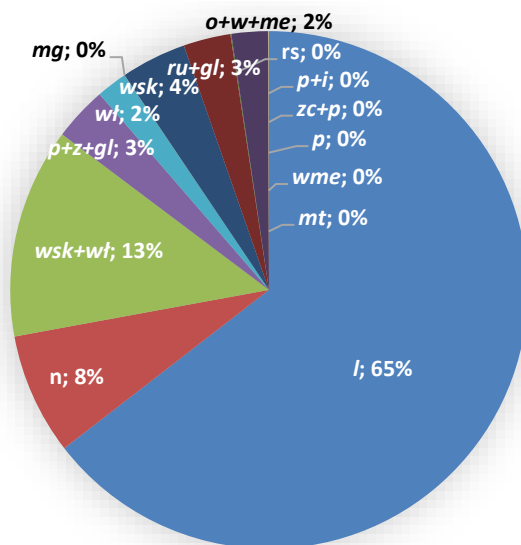
Tab. 2. Wydzielenia litostratygraficzne rejonu OPN

Lp.	Symbol	Opis
1	<i>l</i>	lessy
2	<i>mg</i>	margle glaukonitowe
3	<i>mt</i>	martwice wapienne
4	<i>n</i>	namuły den dolinnych
5	<i>o+w+me</i>	opoki z czertami, wapienie margliste, margle
6	<i>p</i>	piaski
7	<i>p+i</i>	piaski miejscami ilaste i ily
8	<i>p+z+gl</i>	piaski i żwiry oraz mułki, gliny i piaski (mady) tarasów zalewowych 0,5–3 m n.p. rzeki
9	<i>rs</i>	rumosze skalne
10	<i>ru+gl</i>	rumosze krzemienno gliny z krzemieniami, zwietrzelinowe
11	<i>wme</i>	wapienie margliste, płytowe
12	<i>wsk</i>	wapienie skaliste
13	<i>wsk+wt</i>	wapienie skaliste i wapienie ławicowe (nierozdzielone)
14	<i>wt</i>	wapienie ławicowe z krzemieniami (oraz nierozdzielone wapienie ławicowe i skaliste)
15	<i>zc+p</i>	zlepienie, miejscami piaskowce wapieniste i piaski

Obserwowane wydzielenia występują w łącznej liczbie 601 płątów. Odpowiada to przeciętnej liczbie ok. 6,7 płątów/km². Płąt o największej powierzchni zajmował ponad

30,9% powierzchni analizowanego obszaru. Łączna długość granic występujących pomiędzy płatami wynosiła ponad 738 km. Na poziomie krajobrazu, kryterium cechuje się wysokim poziomem różnorodności. Prawdopodobieństwo zdarzenia, w którym dwie losowo wybrane komórki są położone wewnątrz różnych wydzieli litofacjalnych wynosi 60%.

Analizowany krajobraz charakteryzuje się wysokim zróżnicowaniem udziałów poszczególnych wydzieli litofacjalnych (Ryc. 38).



Ryc. 38. Udział podstawowych form rzeźby terenu w krajobrazie obszaru OPN, symbol kategorii jak w Tab. 2

Kategorią występującą w nim najczęściej są lessy (l). Obejmują one ponad 64,5% analizowanego obszaru (Tab. 3). Są reprezentowane stosunkowo niską liczbą 40 płatów. Na 1 km² analizowanej powierzchni, przeciętnie występuje 0,4 płata należącego do tej kategorii. Największy homogeniczny fragment analizowanego obszaru obejmuje wydzielenie lessów. Zajmuje on aż ok. 30,9% analizowanej powierzchni.

Tab. 3. Miary powierzchni i krawędzi zmienności litofacjalnej rejonu OPN. Symbole kategorii jak w Tab. 2

Kategoria	CA [ha]	PLAND [%]	NP [-]	PD [liczba/100 ha]	LPI [%]	TE [m]	ED [m/ha]	AREA (MN) [ha]	AREA (CV) [%]
l	5807,0	64,5	40	0,4	30,9	458660	51,0	145,2	338,1
n	683,3	7,6	92	1,0	0,7	323620	36,0	7,4	131,4
wsk+wł	1183,3	13,1	116	1,3	0,9	319620	35,5	10,2	143,3
p+z+gl	304,4	3,4	6	0,1	2,1	91130	10,1	50,7	122,6
wł	173,1	1,9	36	0,4	0,3	52930	5,9	4,8	102,4
mg	0,9	0,0	2	0,0	0,0	550	0,1	0,4	31,8
wsk	367,6	4,1	242	2,7	0,2	142870	15,9	1,5	178,7
ru+gl	265,7	3,0	33	0,4	1,0	45470	5,1	8,1	199,4
rs	5,5	0,1	4	0,0	0,0	2660	0,3	1,4	8,6
o+w+me	203,4	2,3	20	0,2	0,7	36340	4,0	10,2	144,1
mt	0,9	0,0	2	0,0	0,0	640	0,1	0,4	5,6
wme	1,5	0,0	1	0,0	0,0	780	0,1	1,5	0,0
p+i	0,7	0,0	1	0,0	0,0	440	0,0	0,7	0,0
p	1,2	0,0	3	0,0	0,0	880	0,1	0,4	74,4
zc+p	1,5	0,0	3	0,0	0,0	1010	0,1	0,5	44,2

Komórki płatów lessów cechują się bardzo wysokim poziomem skupienia. Współczynnik agregacji (AI) osiąga 98,0% (Tab. 4), co stanowi najwyższą wartość dla tej klasy. Aż 97,9% komórek płatów sąsiaduje z elementami tej samej kategorii. Całkowita długość granic wynosząca około 458 km (Tab. 3) i gęstość granic na poziomie 51 m/ha świadczą o niewielkim stopniu komplikacji krawędzi płatów. Stosunkowo niewielka liczba jednostek oraz duża łączna powierzchnia sprawiają, że przeciętna wielkość płatów kategorii wynosi około 145 ha. Należy jednak zaznaczyć, że rozmiar płatów wykazuje skrajnie wysoki poziom zmienności (338%). Wartość przeciętna wskaźnika kształtu wykazuje niższe wartości w stosunku do dwóch pozostałych kategorii (*n* oraz *p+z+gl*), co wskazuje na większą regularność ich obrysów. Płaty lessów są od siebie oddalone o przeciętnie ok. 60,8 m. Statystycznie sąsiadują z około 58% pozostałych kategorii.

Tab. 4. Miary kształtu i agregacji rejonu OPN. Symbole kategorii jak w Tab. 2

Kategoria	SHAPE (MN) [-]	SHAPE (CV) [%]	FRAC (MN) [-]	FRAC (CV) [%]	ENN (MN) [m]	ENN (CV) [%]	PLADJ [%]	IJI [%]	DIVISION [-]	AI [%]
<i>l</i>	2,2	80,6	1,1	5,5	60,8	0,5	97,9	58,3	0,9	98,0
<i>n</i>	3,2	40,5	1,2	5,4	186,3	0,1	88,0	41,9	1,0	88,4
<i>wsk+wł</i>	2,1	44,3	1,1	5,9	42,2	0,6	93,2	56,3	1,0	93,5
<i>p+z+gl</i>	5,1	37,5	1,2	2,7	960,0	0,0	92,4	51,7	1,0	92,9
<i>wł</i>	1,8	28,3	1,1	3,8	268,7	0,0	92,0	53,5	1,0	92,7
<i>mg</i>	1,4	21,1	1,1	4,6	3056,3	0,0	79,0	34,1	1,0	88,5
<i>wsk</i>	1,3	22,0	1,1	3,4	85,5	0,1	90,2	49,1	1,0	90,7
<i>ru+gl</i>	1,4	21,1	1,1	3,3	268,5	0,1	95,7	41,8	1,0	96,3
<i>rs</i>	1,4	11,1	1,1	2,2	1676,2	0,0	87,9	66,5	1,0	91,8
<i>o+w+me</i>	1,6	41,0	1,1	4,6	390,0	0,0	95,4	36,1	1,0	96,1
<i>mt</i>	1,2	3,7	1,0	0,7	3144,0	0,0	82,0	25,4	1,0	91,8
<i>wme</i>	1,6	0,0	1,1	0,0	N/A	N/A	87,3	0,0	1,0	95,1
<i>p+i</i>	1,3	0,0	1,1	0,0	N/A	N/A	84,1	25,3	1,0	95,9
<i>p</i>	1,2	12,6	1,0	3,2	146,8	0,3	82,1	38,7	1,0	90,6
<i>zc+p</i>	1,3	4,3	1,1	0,3	1247,3	0,0	81,4	33,5	1,0	88,9

Drugą kategorią pod względem wielkości zajmowanej powierzchni stanowią odsłonięcia wapieni skalistych i wapieni ławicowych (nierozdzielone; *wsk+wł*) (Ryc. 38). Obszary położone na płatach tego wydzielienia pokrywają około 13,1% badanego obszaru (Tab. 3). Kategoria cechuje się stosunkowo wysoką liczbą 116 płatów. Stanowi to zaledwie 1,3 pła/km². Największy obiekt pokrywa około 0,9% całego obszaru. Przeciętna wartość wskaźnika kształtu wynosi 2,1 (Tab. 4). Kategoria cechuje się długością granic około 319 km, przy gęstości około 35,5 m/ha (Tab. 3). Wielkość płatów jest bardzo zróżnicowana. Współczynnik zmienności osiąga aż 143,3%. Przeciętna wielkość obiektów wynosi około 10 ha. Komórki płatów są silnie ze sobą skupione. Świadczą o tym wysokie wartości wskaźników: agregacji (około 93,5%) oraz identycznego sąsiedztwa (93,2%). Przeciętna odległość pomiędzy odsłonięciami wapieni skalistych i nierozdzielonych wapieni ławicowych wynosi tylko około 42,2 m. Obiekty kategorii statystycznie graniczą z 56,3% wszystkich kategorii.

W opisywanym modelu zróżnicowania litofacjalnego, namuły den dolinnych (*n*) zajmują 7,6% analizowanego obszaru (Tab. 3). Kategoria jest reprezentowana przez 99 jednostek. Gęstość ich występowania wynosi około 1 pła/ha. Obiekty posiadają stosunkowo duże rozmiary (przeciętnie 7,4 ha, przy zmienności parametru na poziomie

około 131%). Największy obiekt obejmuje 0,7% badanej przestrzeni. Względnie wysoka liczba płatów powoduje, że całkowita długość granic obiektów kategorii wynosi ponad 323 km. Jest to równoznaczne z gęstością granic około 36 m/ha. Kształty płatów są wydłużone i przez to bardzo nieregularne (Tab. 4). Poligony są od siebie oddalone przeciętnie o 186,3 m. Komórki obiektów tej kategorii są silnie skupione. Około 12% z nich graniczy płatami innych kategorii. Obiekty statystycznie sąsiadują z nieco ponad 42% pozostałych kategorii.

Ostatnim wydzieleniem krajobrazu, które zostanie tu szerzej opisane są odsłonięcia wapieni skalistych (wsk). Ich płaty zajmują łącznie 4,1% powierzchni całego obszaru badań (Tab. 3). Przeciętna wielkość jednostek tej kategorii litofacjalnej jest niewielka i wynosi około 1,5 ha (przy skrajnie wysokiej zmienności na poziomie około 178%). Na jednym km², przeciętnie występuje 2,7 płatów tej kategorii. Największy płat wapieni skalistych pokrywa zaledwie 0,2% badanej przestrzeni. Kategoria cechuje się wysokim poziomem agregacji komórek (90,7%; Tab. 4) oraz wysoką gęstością długości granic wynoszącą około 16 m/ha. Płaty wapieni skalistych graniczą z obiektami niemal połowy pozostałych kategorii (49,1%). Stopień agregacji komórek płatów jest na dość wysokim poziomie około 90%. Średnia minimalna odległość pomiędzy płatami tej kategorii wynosi 85,5 m.

Pozostałe kategorie zmienności litofacjalnej występują w krajobrazie rzadziej (Ryc. 38). Z uwagi na dydaktyczny charakter niniejszego dokumentu ich opis zostanie tu pominięty.

Bibliografia

- Bartuś T., 2020. *Struktura i różnorodność abiotycznych komponentów krajobrazu w ocenie i delimitacji obszarów chronionych na przykładzie rejonu Ojcowskiego Parku Narodowego i jego otoczenia*. Wydawnictwa AGH. Kraków, 398pp. [pdf].
- Forman R.T.T., & Godron M., 1986. *Landscape Ecology*. Wiley and Sons, New York, 640.
- Gökyer E., 2013. Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics, Advances, W: Ozyavuz M. (red.), *Landscape Architecture*. InTech, DOI: 10.5772/55758: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/understanding-landscape-structure-using-landscape-metrics>
- Kot R., Leśniak K., 2006. Ocena georóżnorodności za pomocą miar krajobrazowych – podstawowe trudności metodyczne. *Przegląd Geograficzny*, 78(1), 25–45.
- McGarigal K., Cushman S.A., Ene E., 2012. *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. URL: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> (10.06.2013).

- McGarigal K., Marks B.J., 1995, *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. USDA Forest Service. Technical Reports, PNW-GTR-351, Portland, 132.
- http://www.umass.edu/landeco/teaching/landscape_ecology/schedule/chapter9_metrics.pdf
- Raines G.L., 2002. Description and comparison of geological maps with FRAGSTATS – a spatial statistics program. *Computers and Geosciences*, 28, 169–177.
- Simpson E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688–688.
- Shannon C., Weaver W., 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, 144pp.
- Urbański J., 2011. *GIS w badaniach przyrodniczych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 252pp.
- Zwierzchowska I., Stępniewska M., Łowicki D., 2010. Możliwości wykorzystania programu Fragstats w badaniach środowiska przyrodniczego. *Przegląd Geograficzny*, 82(1), 85–102.