

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Georóżnorodność z ArcGIS Desktop

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 12:21:00

Wprowadzenie

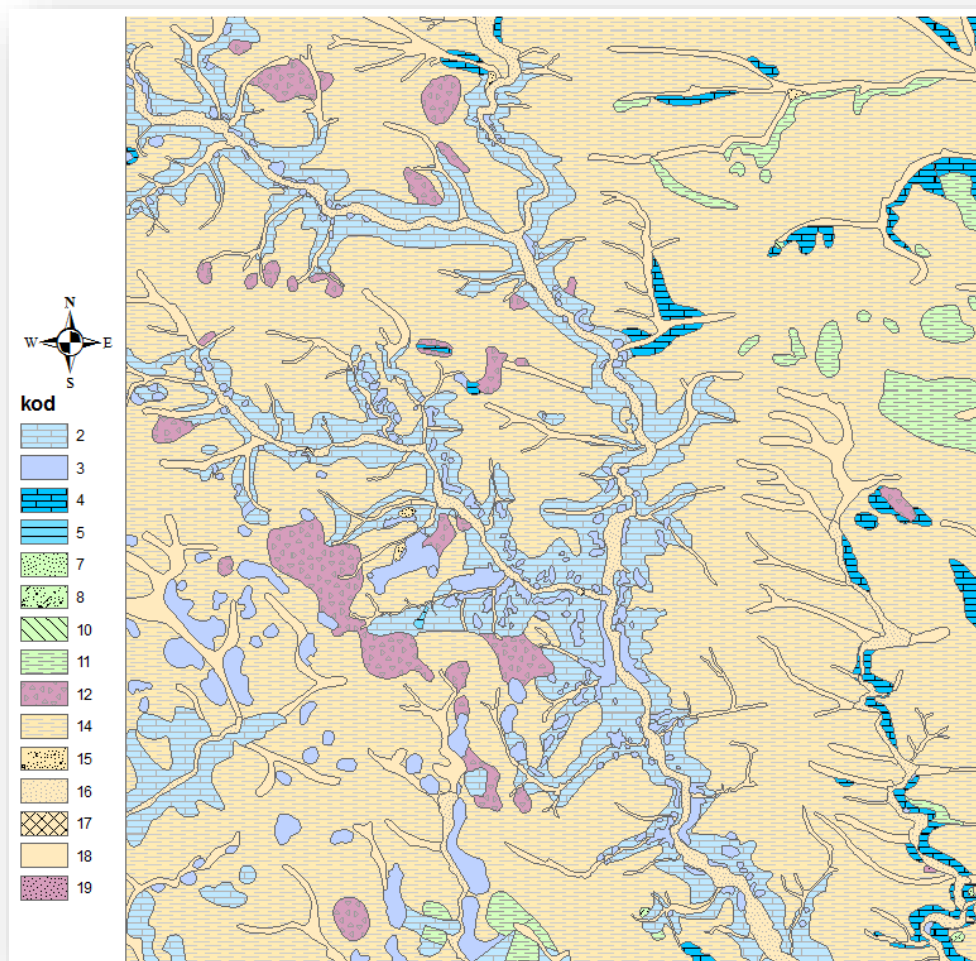
W analizach struktur krajobrazów wykorzystujących model płyty-korytarze-matryca (Forman & Godron 1986) powszechnie wykorzystywane są tzw. miary krajobrazowe (McGarigal & Marks 1995; Kot & Leśniak 2006; McGarigal i in. 2012; Urbański 2012). Są to ilościowe wskaźniki opisujące geometryczne i przestrzenne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

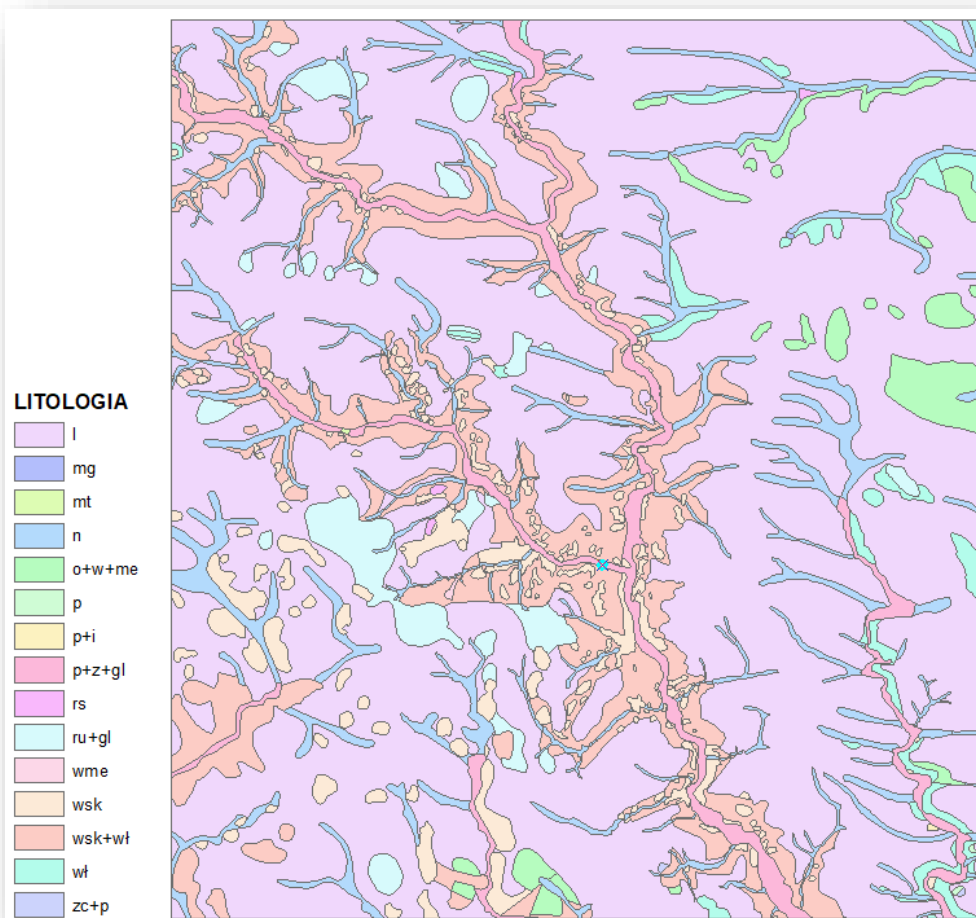
Do analiz będziemy wykorzystywali przetworzoną cyfrową mapę litostratygraficzną rejonu OPN. Powstała ona w wyniku digitalizacji opracowanej w 1997 roku *Mapy geologicznej Ojcowskiego Parku Narodowego wraz z otuliną* (Płonczyński 2001). Utworzona mapa wymagała uzupełnienia o fragmenty nieobjęte opracowaniem, 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 ogniów litostratygraficznych (Ryc. 1).



Ryc. 1. Mapa litostratygraficzna OPN i jego okolic według Płonczyńskiego (2000a, 2001), zmienione. Górna jura: 2 – wapienie skaliste i uławiczone (nierozdzielone), 3 – wapienie skaliste, 4 – wapienie ławicowe z krzemieniami, 5 – wapienie margliste płytowe; górna kreda: 7 – piaski, 8 – zlepieńce, miejscami piaskowce wapniste i piaski, 10 – margle glaukonitowe, 11 – opoki z czertami, wapienie 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

Klasę zróżnicowania litologicznego (Ryc. 2) należy utworzyć przez klasyfikację mapy litostratygraficznej (Ryc. 1). Kryterium doboru kategorii ma stanowić zmienność litofacjalna. 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 litofacyjne 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, wapień margliste, margle, *p* – piaski, *p+i* – piaski miejscami ilaste i ły, *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* – wapień margliste, płytowe, *wsk* – wapień skaliste, *wsk+wł* – wapień skaliste i wapień ławicowe (nierozdzielone), *wł* – wapień ławicowe z krzemieniami (oraz nierozdzielone wapień ławicowe i skaliste), *zc+p* – zlepienie, miejscami piaskowce wapieniste i piaski

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 nastąpiły jakieś problemy, zajrzyj do [dokumentacji](#).

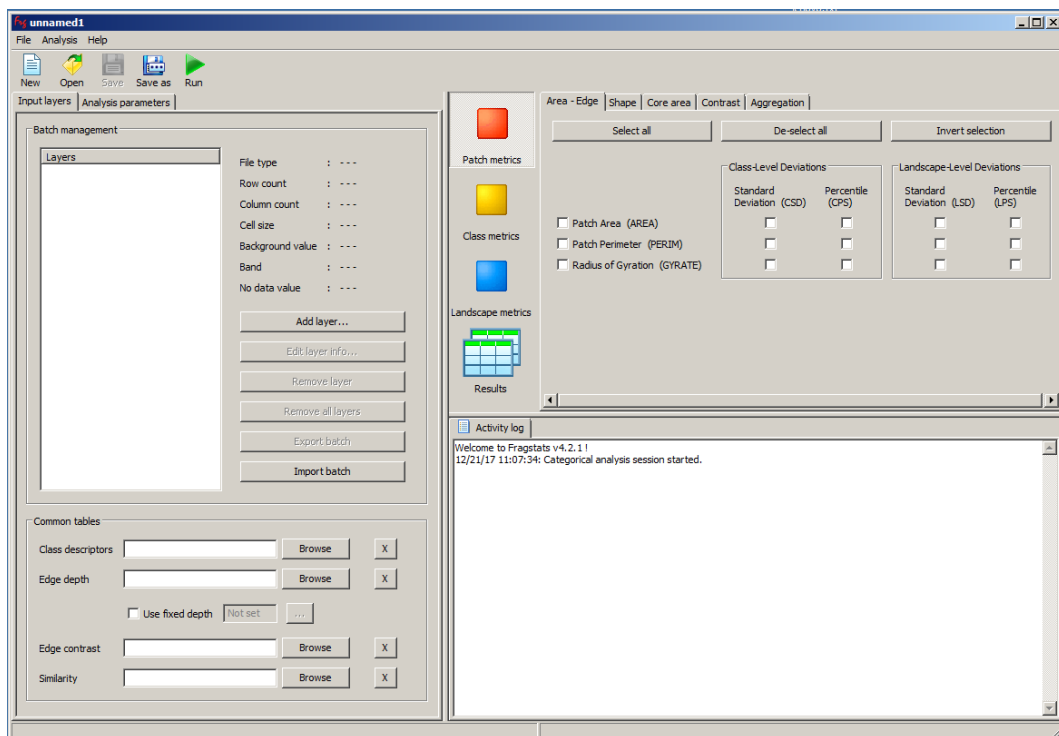
Uwaga:

Program Fragstats miewa problemy ze ścieżkami do plików zawierającymi polskie znaki diakrytyczna. 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 *New (Nowy)* znajdujący się na pasku narzędzi lub wybierz *New* z menu głównego *File (Plik)*. Narzędzie utworzy pusty model, który będzie gotowy do parametryzacji (Ryc. 3).



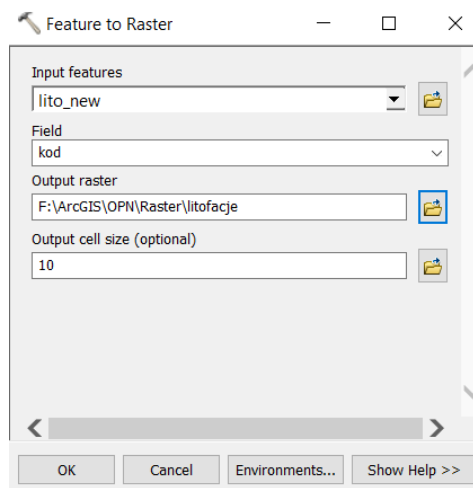
Ryc. 3. Panel wejściowy programu Fragstats

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. Otwórz ArcGIS.
- 6.2. Przejdź do geobazy, w której masz zdeponowaną zwalidowaną i poprawioną klasę zmienności litostratygraficznej.
- 6.3. Odszukaj narzędzie *Polygon to Raster (Poligon do rastra)*. Standardowo znajduje się ono w toolboxie *Conversion Tools > To Raster > Feature to Raster*.
- 6.4. Jako klasę do rasteryzacji wybierz zmienność litostratygraficzną.

- 6.5. Będziemy ją rasteryzować w oparciu o wartości atrybutu `kod`. Ma on wartości uzależnione od litologii.
- 6.6. W folderze projektowym utwórz podfolder `\Raster\`. Będziemy do niego zapisywali przekonwertowane rastry.
- 6.7. Plikowi wynikowemu rasteryzacji nadaj nazwę `litofacje`.
- 6.8. Jako wielkość komórki rastra wybierz 10 metrów (Ryc. 4).



Ryc. 4. Okno dialogowe narzędzia rasteryzacji klas wektorowych

7. Umożliwienie współpracy Fragstats z plikami rastrowymi ESRI grids

Uwaga:

Rekomenduje się konwertowanie danych rastrowych do formatu ASCII. Jeśli tak zamierzasz zrobić, ten punkt można pominąć i przejść do punktu 8.

Jeżeli przy próbie otwarcia pliku ESRI grid, w aktywnym logu (prawa dolna część panelu użytkownika) otrzymamy komunikat wskazujący na brak biblioteki umożliwiającej otwarcie plików ESRI grid („grid IO dll is not loaded”), oznacza to, że program Fragstats nie ma dostępu do pliku licencji ESRI ArcGIS, a w szczególności modułu *Spatial Analyst*. W takim przypadku należy do zmiennej środowiskowej `PATH` systemu operacyjnego Windows dopisać ścieżkę do folderu zawierającego plik licencji. Standardowo znajduje się on w folderze aplikacji `...\\ArcGIS\\bin\\`. W takiej sytuacji postępuj zgodnie z instrukcją w [dokumentacji](#), str. 32:

- 7.1. W Windows 10, otwórz: Panel sterowania > System > Zaawansowane ustawienia systemu > Zmienne środowiskowe... > Zmienne systemowe.
- 7.2. Znajdź zmienną systemową `Path` i zaznacz ją.

- 7.3. Naciśnij klawisz Edytuj
- 7.4. Do wartości zmiennej dopisz frazę z cudzysłowia: „;C:\Program Files (x86)\ArcGIS\Desktop10.5\Bin”.

Uwaga:

Jeśli to konieczne zmień literę partycji dyskowej oraz numer wersji ArcGIS.

Po tym zabiegu Fragstats powinien poradzić sobie z otwarciem plików ESRI grid.

Uwaga:

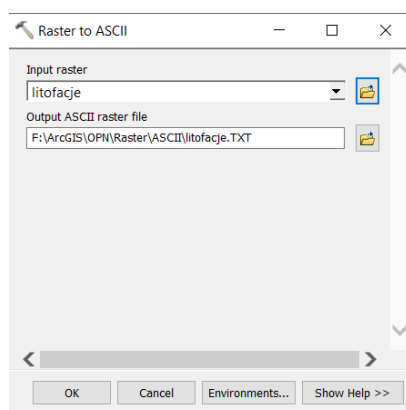
Nazwy folderów oraz plików nie powinny zawierać spacji.

Niestety bywa tak, że z nieznanых przyczyn program Fragstats się zawiesza.

8. Export obrazu ESRI grid do formatu ASCII

Jednym z najlepszych sposobów na umożliwienie współpracy programu Fragstats z plikami grid utworzonymi w ArcGIS, jest ich eksport do postaci grid ASCII oraz otwarcie takiego pliku w programie Frastats. 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 matrycy jest rozdzielona od wartości w sąsiednich kolumnach znakiem spacji, co pozwala na łatwą interpretację pliku.

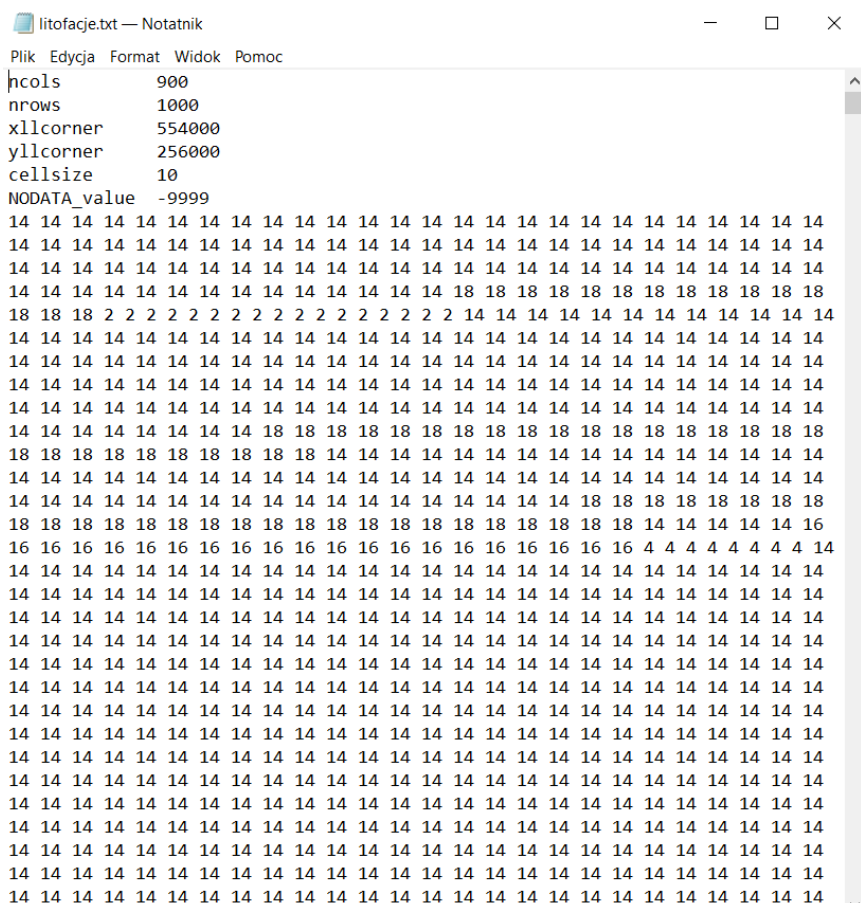
- 8.1. W ArcGIS otwórz plik zawierający grid zróżnicowania litofacjalnego `litofacje`.
- 8.2. Z *ArcToolbox* wybierz narzędzia konwersji *Conversion Tools > From Raster > Raster to ASCII*.
- 8.3. Jako *Input Raster* wprowadź grid `litofacje` (Ryc. 5).
- 8.4. Wynikowy plik tekstowy o nazwie `litofacje.txt` zapisz do posiadanego folderu projektowego i nowego podfolderu `\Raster\ASCII\`.



Ryc. 5. Okno dialogowe konwersji rastrów do formatu ASCII

9. Import grida

- 9.1. Otwórz utworzony plik tekstowy `litofacje.txt` w dowolnym edytorze tekstowym ([Ryc. 6](#)).



Ryc. 6. Struktura pliku ASCII grid litofacje.txt

W pierwszych 6-ciu wierszach pliku `litofacje.txt` znajduje się nagłówek pliku (Ryc. 6). 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`,

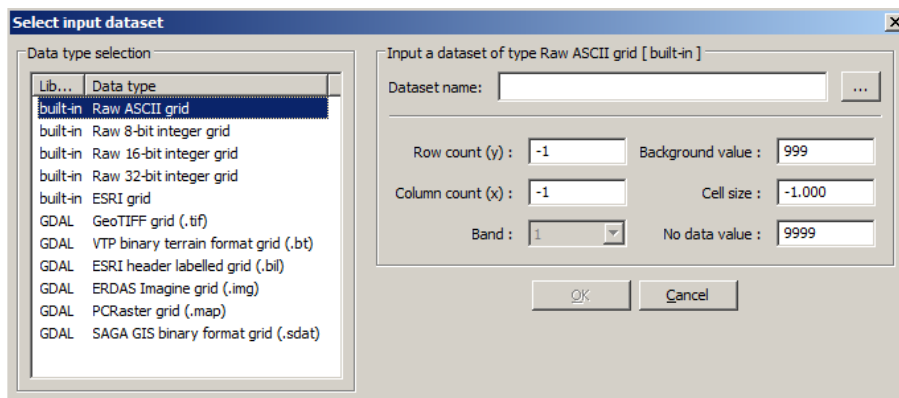
yllcorner). Pamiętajmy, że naszym PCS jest odwzorowanie PUWG „1992”. W piątym wierszu nagłówka, w atrybucie `cellsize` zadeklarowano wielkość komórki podstawowej rastra (piksela). Jak widać, w naszym przypadku wielkość ta wynosi 10 m × 10 m (100 m²). Ostatni wiersz nagłówka deklaruje wartości komórek, które stanowią tło (`nodata`). 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.

- 9.2. Zaznacz cały nagłówek i usuń go z pliku (Ryc. 7). Usuniętą zawartość zapisz do pliku `naglowek.txt`. Zapisz zmodyfikowany plik pod nazwą `litofacje.asc`.



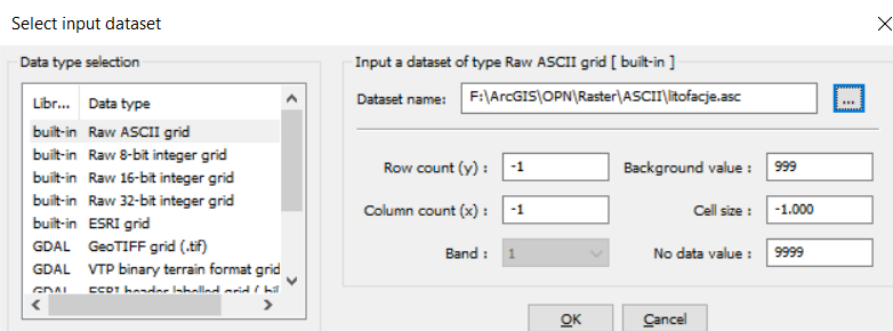
Ryc. 7. Struktura pliku `litofacje.txt` pozbawionego nagłówka

- 9.3. W programie Fragstats zaimportuj grid do analizy. W tym celu dodaj *Layer* (Warstwę) do *Batch management* (Menedżer wsadów) znajdującego się w zakładce *Input layers* (Warstwy wejściowe). Aby otworzyć okno dialogowe importu danych, kliknij przycisk *Add layer...* (Dodaj warstwę...) (Ryc. 8).



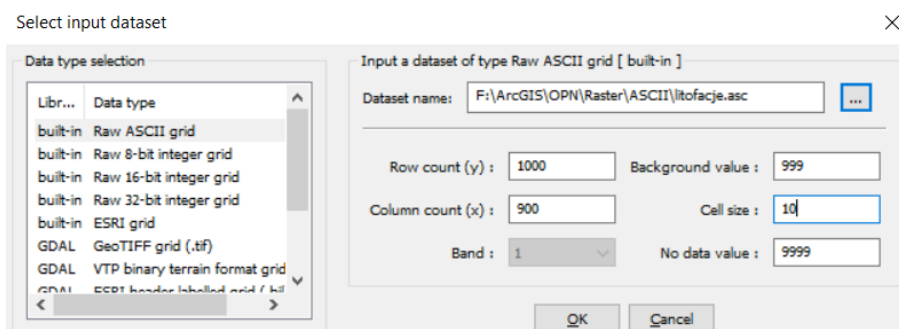
Ryc. 8. Okno dialogowe *Select input dataset*

- 9.4. W oknie dialogowym *Select input dataset* (Wybór zbioru danych wejściowych), w oknie *Data type selection* (Wybór typu danych) wybierz typ danych *Raw ASCII grid*, a następnie przejdź do folderu z danymi ćwiczeniowymi, klikając przycisk [...] i wybierz plik *ASCII grid litofacje.asc* (Ryc. 9).



Ryc. 9. Okno dialogowe wyboru zbioru danych wejściowych

- 9.5. Uzupełnij parametry pliku grid: liczbę wierszy (*row count*), liczbę column (*column count*), wartość tła (*background value*), wielkość piksela (*cell size*) w jednostce mapy oraz wartość komórek pozbawionych danych (*no data value*). Do uzupełnienia parametrów wykorzystaj dane z pliku *nagłówek.txt* (Ryc. 10).



Ryc. 10. 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 trzeba wprowadzać i ich edycja jest wtedy wyłączona (są szare). Jedyny atrybut, który może wymagać modyfikacji to wartość tła.

9.6. Po uzupełnieniu danych naciśnij przycisk OK.

10. Parametry analizy

Zanim przystąpimy do obliczeń musimy zadeklarować kilka niezbędnych parametrów analizy.

10.1. 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. 11](#)).



Ryc. 11. Definicja sąsiedztwa cztero- i ośmio-komórkowego

Wybór reguły sąsiedztwa wpływa na wyniki analiz ([Ryc. 12](#)).

1	2	3	3	3	4
1	1	5	6	6	4
1	1	5	6	6	4
7	1	8	9	6	4
10	10	10	9	6	4
11	11	10	12	12	12

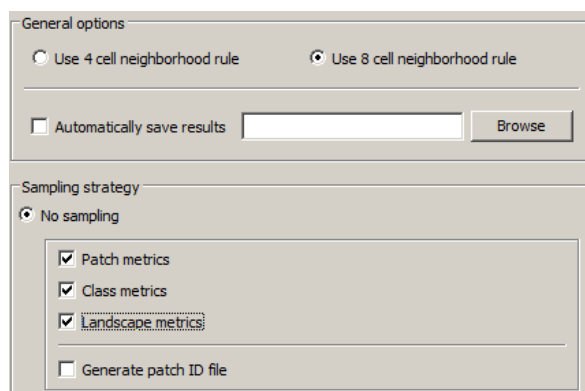
1	2	3	3	3	4
1	1	2	5	5	4
1	1	2	5	5	4
6	1	7	8	5	4
9	9	9	8	5	4
10	10	9	11	11	11

Ryc. 12. Zastosowanie reguły sąsiedztwa cztero- (lewa strona) i ośmio-komórkowego (prawa strona); liczbami oznaczono przynależność poszczególnych pikseli do kolejnych płatów

W przykładzie z [Ryc. 12](#), 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), liczba obliczonych płatów wynosi **11**.

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

- 10.2. Z menu w zakładce *Analysis parameters*, w polu *General options* wybierz opcję "Use 8 cell neighborhood rule".
- 10.3. 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. 13](#)).



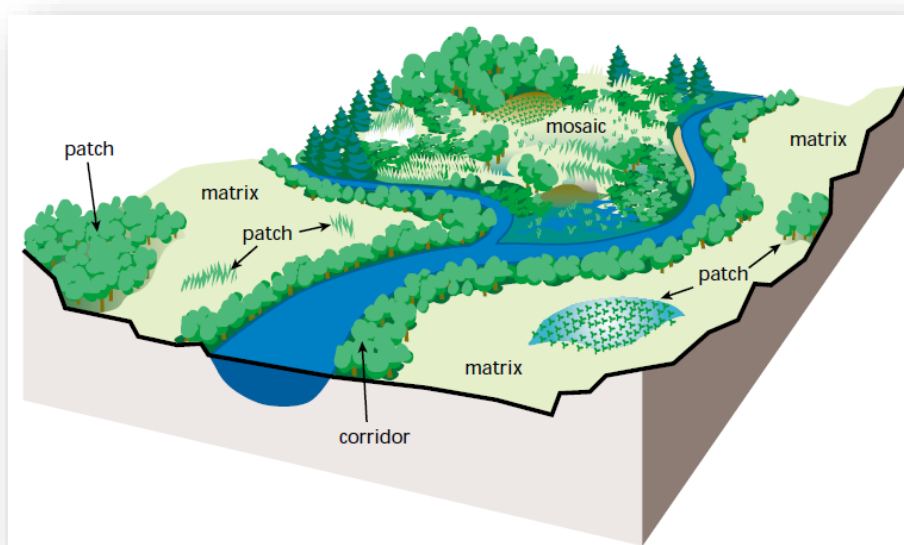
Ryc. 13. Parametry analizy

Uwaga:

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

- 10.4. Na koniec zaznaczmy opcję *Automatically save results* (*Zapisz automatycznie wyniki*). Spowoduje to automatyczne wygenerowanie plików wynikowych z obliczonymi wartościami wybranych metryk krajobrazowych.
- 10.5. Wybierzmy lokalizację, w której zostaną zapisane pliki wynikowe: np.:
...\OPN\raster\FRAGSTATS\litofacje. 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. 14; 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. 14. Model krajobrazu Model krajobrazu płatów-korytarze-matryca (Gökyer 2013)

11. 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 płatów, do którego należy. Tak więc wszystkie komórki należące do płatów 1 będą miały ID=1. Zaś wszystkim komórkom należącym do płatów o ID=2, zostanie przypisana wartość 2 itd. Dzięki temu unikalne wartości identyfikatora płatów

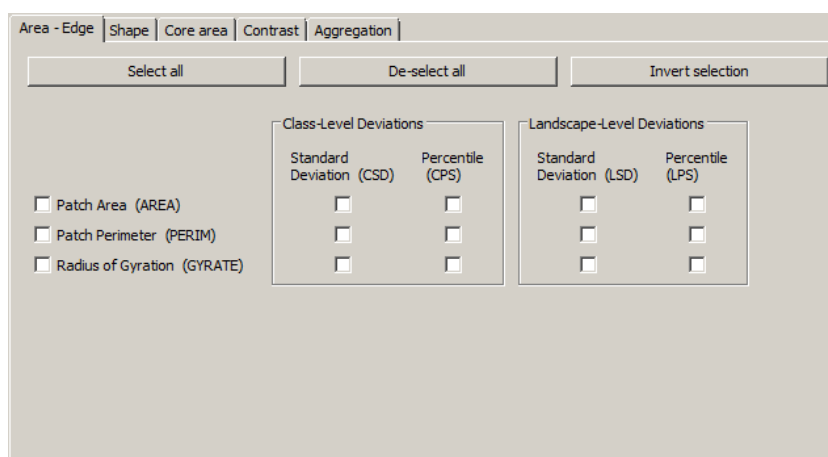
będą odpowiadać unikalnym wartościom identyfikatora płyta w polu PID pliku metryk krajobrazowych obliczanych na poziomie płytów (*nazwa.patch*). Dzięki temu plik identyfikatora płytów może zostać użyty do połączenia wyników wskaźników obliczonych na poziomie płytów z wynikami obliczonymi na poziomie krajobrazu. Połączenia dokonujemy w oprogramowaniu ArcGIS.

12. Wybór metryk krajobrazowych

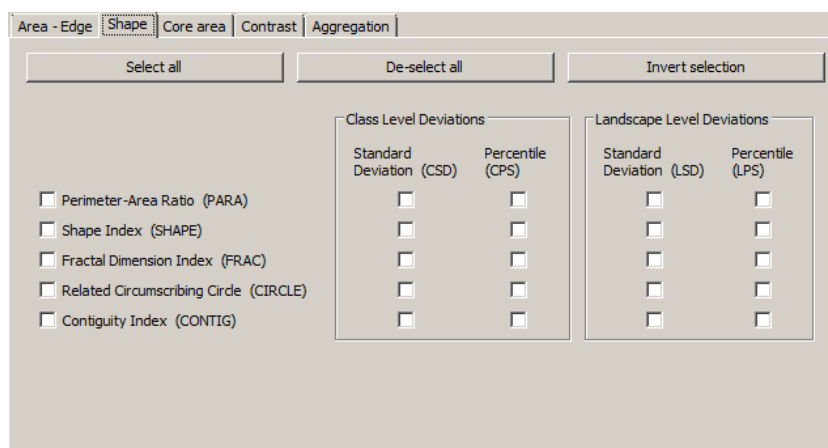
Wyberzemy teraz wskaźniki do obliczenia dla poziomu płytów, kategorii i całego krajobrazu. Definicje najważniejszych metryk zostały przedstawione w [Miary krajobrazowe](#).

12.1. Aby rozpocząć, w głównym oknie programu, w prawym panelu ([Ryc. 3](#)), kliknij przycisk *Patch metrics* (Metryki płytów).

W górnej części okna znajduje się pięć zakładek grupujących rodzaje metryk krajobrazowych: *Area-Edge* (Powierzchnia-krawędzie, [Ryc. 15](#)), *Shape* (Kształt, [Ryc. 16](#)), *Core Area* (Strefy centralne, [Ryc. 17](#)), *Contrast* (Kontrastu, [Ryc. 18](#)) oraz *Aggregation* (Agregacji, [Ryc. 19](#)).



Ryc. 15. Dostępne metryki krajobrazowe powierzchni-krawędzi obliczane na poziomie płytów



Ryc. 16. Dostępne metryki krajobrazowe kształtu obliczane na poziomie płytów

Ryc. 17. Dostępne metryki krajobrazowe stref centralnych obliczane na poziomie płatów

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

Ryc. 19. 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 (patrz poniżej). Aby określić promień wyszukiwania, kliknij przycisk [...] i wprowadź żądany promień wyszukiwania wyrażony w metrach, np. 500.

- 12.2. Z grupy metryk *Powierzchnia-krawędzie*, wybierz metryki: Powierzchnia płatów (*AREA*) i obwód płatów (*PERIM*) (Ryc. 20).

The screenshot shows the 'Area - Edge' tab in the Fragstats software. At the top, there are three buttons: 'Select all', 'De-select all', and 'Invert selection'. Below these are two main sections: 'Class-Level Deviations' and 'Landscape-Level Deviations'. In the 'Class-Level Deviations' section, 'Patch Area (AREA)' and 'Patch Perimeter (PERIM)' are checked, while 'Radius of Gyration (GYRATE)' is not. In the 'Landscape-Level Deviations' section, 'Standard Deviation (LSD)' and 'Percentile (LPS)' are checked, while 'Standard Deviation (CSD)' and 'Percentile (CPS)' are not.

Ryc. 20. Wybór metryk krajobrazowych powierzchni-krawędzi obliczanych na poziomie płatów

- 12.3. Naciśnij teraz przycisk *Class metrics* (**Metryki na poziomie kategorii**). 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".
- 12.4. 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. 21).

The screenshot shows the 'Area - Edge' tab in the Fragstats software. At the top, there are three buttons: 'Select all', 'De-select all', and 'Invert selection'. Below these are two main sections: 'Total Area (CA/TA)' and 'Total Edge (TE)'. In the 'Total Area (CA/TA)' section, 'Total Area (CA/TA)', 'Percentage of Landscape (PLAND)', and 'Largest Patch Index (LPI)' are checked. In the 'Total Edge (TE)' section, 'Total Edge (TE)' and 'Edge Density (ED)' are checked. Below these is a section for 'Distribution Statistics' with a table of metrics and their selection status.

	Mean (MN)	Area-Weighted Mean (AM)	Median (MD)	Range (RA)	Standard Deviation (SD)	Coefficient of Variation (CV)
Patch Area (AREA_?)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Radius of Gyration (GYRATE_?)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NOTE
Radius of Gyration Area-Weighted Mean (GYRATE_AM) is equivalent to Correlation Length (CL) as used in the literature.

Ryc. 21. Wybór metryk krajobrazowych powierzchni-krawędzi obliczanych na poziomie kategorii

- 12.5. Spośród miar kształtu 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. 22](#)).

	Mean (MN)	Area-Weighted Mean (AM)	Median (MD)	Range (RA)	Standard Deviation (SD)	Coefficient of Variation (CV)
Perimeter - Area Ratio (PARA_?)	<input 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. 22. Wybór metryk krajobrazowych kształtu obliczanych na poziomie kategorii

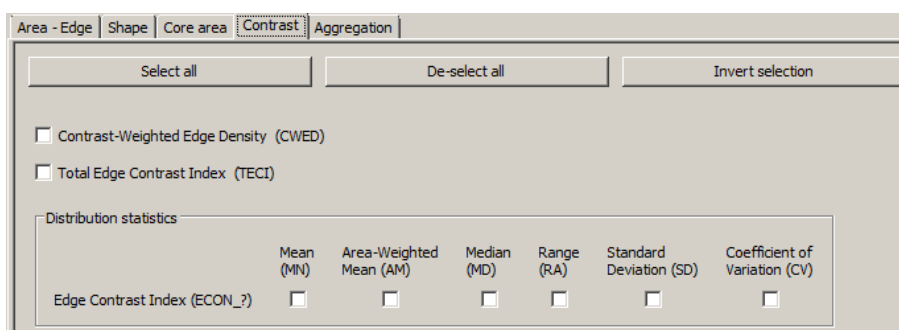
- 12.6. W analizach nie będziemy wykorzystywali żadnego wskaźnika krajobrazowego z grupy metryk stref centralnych, dlatego na kolejnej zakładce nie zaznaczamy żadnych wskaźników ([Ryc. 23](#)).

	Mean (MN)	Area-Weighted Mean (AM)	Median (MD)	Range (RA)	Standard Deviation (SD)	Coefficient of Variation (CV)
Core Area (CORE_?)	<input 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.

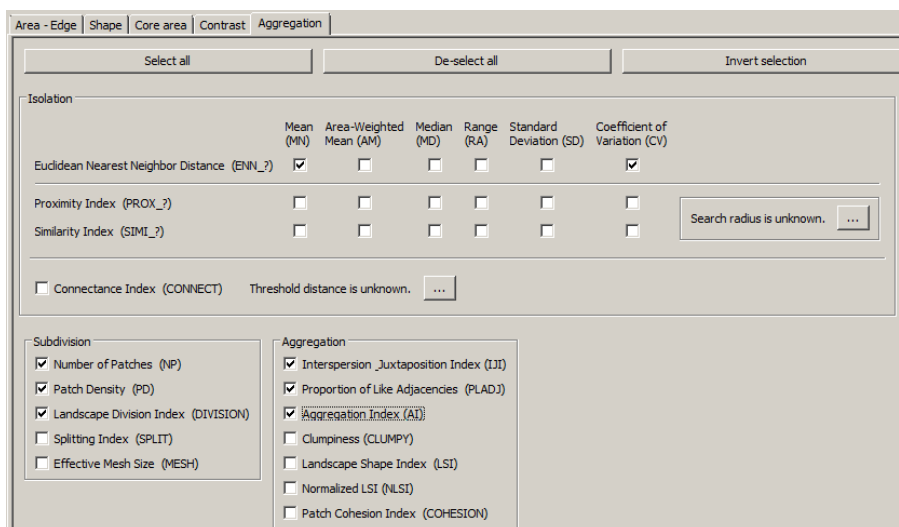
Ryc. 23. Wybór metryk krajobrazowych stref centralnych obliczanych na poziomie kategorii

- 12.7. Nie będziemy też wykorzystywali żadnego wskaźnika krajobrazowego z grupy metryk kontrastu, dlatego na zakładce *Contrast* także nie zaznaczamy żadnych wskaźników ([Ryc. 24](#)).



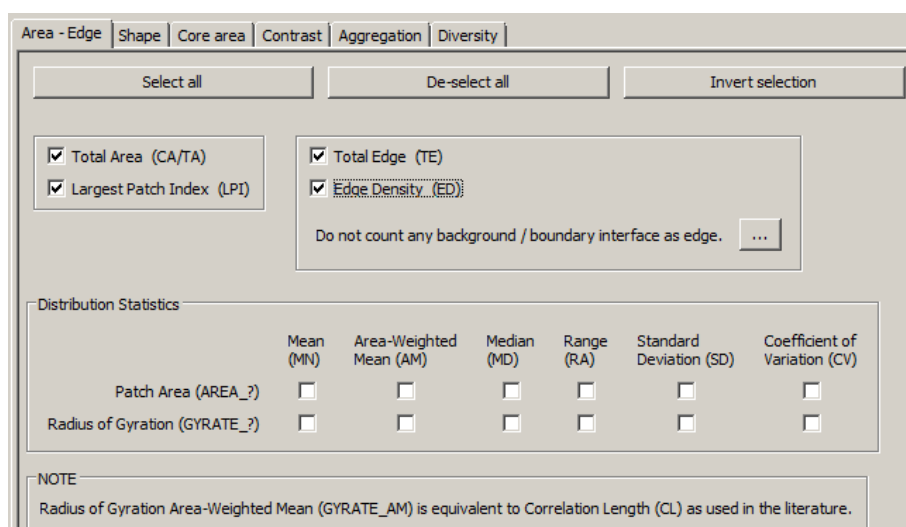
Ryc. 24. Wybór metryk krajobrazowych kontrastu obliczanych na poziomie kategorii

- 12.8. Spośród miar skupienie (agregacji) wybierzmy: liczbę płatów (*NP*), gęstość płatów (*PD*), wskaźnik fragmentacji (*DIVISION*), wskaźnik zróżnicowania granic (*III*), wskaźnik procent identycznego sąsiedztwa (*PLADJ*), wskaźnik agregacji (*AI*) oraz odległość do najbliższego elementu tej samej kategorii (*ENN*). Dla ostatniego wskaźnika wybierzmy estymatory średniej arytmetycznej (*MN*) oraz współczynnik zmienności (*CV*) (Ryc. 25).



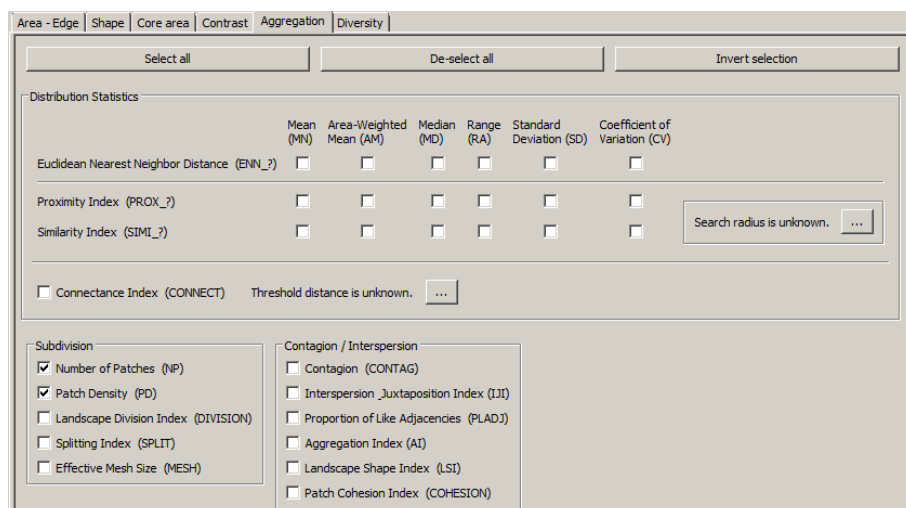
Ryc. 25. Wybór metryk krajobrazowych agregacji obliczanych na poziomie kategorii

Przejdźmy teraz do metryk obliczanych na poziomie *całego krajobrazu* (*Landscape metrics*). Od razu zauważamy, że do standardowego zestawu zakładek został dodany zbiór miar *diversity* (różnorodności) (Ryc. 26).



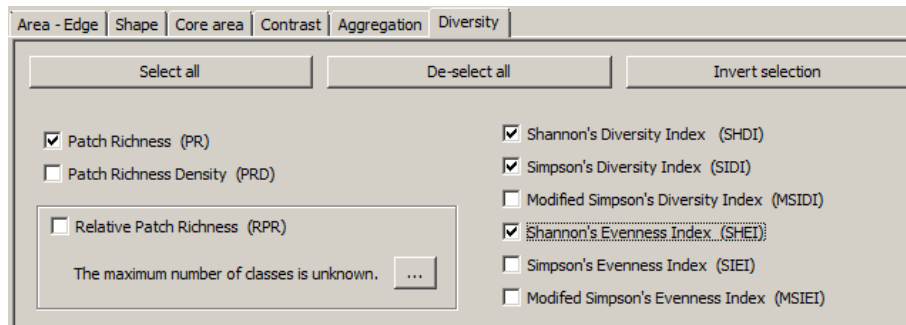
Ryc. 26. Wybór metryk krajobrazowych powierzchni-krawędzi obliczanych na poziomie całego krajobrazu

- 12.9. Spośród miar *Powierzchnia-krawędzie* obliczanych na poziomie całego krajobrazu wybierzmy metryki: całkowitą powierzchnię krajobrazu (CA/TA), część powierzchni zajmowaną przez największy płat (LPI), długość (TE) oraz gęstość krawędzi (ED) (Ryc. 26).
- 12.10. Pomińmy zakładki: *Shape*, *Core area*, *Contrast* i otwórzmy zakładkę *Aggregation*.
- 12.11. Zaznaczmy na niej metryki: Liczby płatów (NP) oraz gęstości płatów (PD) (Ryc. 27).



Ryc. 27. Wybór metryk krajobrazowych skupienia, obliczanych na poziomie całego krajobrazu

- 12.12. Przejdźmy do zakładki *diversity* (miary różnorodności) i wybierzmy następujące wskaźniki krajobrazowe: liczbę kategorii (PR), wskaźnik różnorodności Shannon'a-Weavera (SHDI), wskaźnik różnorodności Simpson'a (SIDI) oraz wskaźnik równomierności Shannon'a (SHEI) (Ryc. 28).



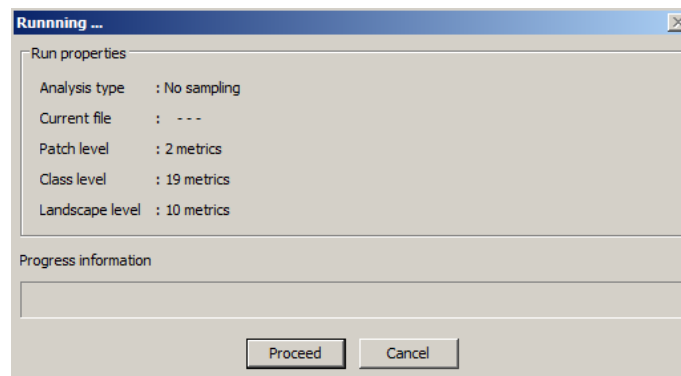
Ryc. 28. Wybór metryk krajobrazowych różnorodności obliczanych na poziomie całego krajobrazu

- 12.13. Po uzupełnieniu wszystkich niezbędnych metryk, zachowajmy plik projektowy Fragstats. W tym celu naciśnij przycisk *Save*. Plik projektowy nazwijmy `litofacje.fca`.

13. Wykonanie analiz

- 13.1. 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 *Running* (Ryc. 29). 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.



Ryc. 29. Okno dialogowe *Running*

- 13.2. Za pomocą przycisku *Proceed*, znajdującego się w dolnej części okna dialogowego *Running*, 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. 30).

```

Welcome to Fragstats v4.2.1 !
10/04/20 12:28:32: Categorical analysis session started.
10/04/20 13:03:27: Error: Grid IO dll is not loaded
10/04/20 13:03:28: Error: Grid IO dll is not loaded
10/04/20 13:03:34: Error: Grid IO dll is not loaded
10/04/20 13:44:27: Error: Invalid cell size: -1,000
10/04/20 13:44:27: Error: Invalid number of columns: -1
10/04/20 13:44:27: Error: Invalid number of rows: -1
10/04/20 14:31:01: Checking model consistency
10/04/20 14:31:01: Model consistency check: OK
10/04/20 14:32:26: Starting run 1.
10/04/20 14:32:26: Analyzing file: F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc
10/04/20 14:32:33: Run 1 ended.
10/04/20 14:32:34: Results saved using base file name: F:\ArcGIS\OPN\Raster\FRAGSTATS\litofacje.
10/04/20 14:32:34: Run completed in 7.27s, please review the results.

```






Ryc. 30. Wpisy logów przy poprawnym przetwarzaniu danych

Wyniki analiz są dostępne w programie pod przyciskiem *Results* (Ryc. 3, Ryc. 31).

Patch	Class	Landscape			
	LID	PID	TYPE	AREA	PERIM
1	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	1	cls_14	50.0400	5480.0000
2	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	4	cls_14	287.8600	27280.0000
3	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	6	cls_14	27.4600	4820.0000
4	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	8	cls_14	0.0500	120.0000
5	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	11	cls_14	2781.0700	179820.0000
6	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	14	cls_14	6.7700	1720.0000
7	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	26	cls_14	0.3900	300.0000
8	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	46	cls_14	34.2900	3680.0000
9	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	64	cls_14	25.3100	4740.0000
10	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	87	cls_14	620.2000	48780.0000
11	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	154	cls_14	29.8800	3500.0000
12	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	181	cls_14	5.0000	1320.0000
13	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	191	cls_14	0.0300	80.0000
14	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	193	cls_14	201.5900	19380.0000
15	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	199	cls_14	2.0600	840.0000
16	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	202	cls_14	1490.7000	139700.0000
17	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	222	cls_14	0.0600	140.0000
18	F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc	234	cls_14	1.1900	740.0000

Ryc. 31. Okno wyników analiz miar krajobrazowych dla poziomych płatów

O ile zaznaczono opcję *Automatically save results* (zob. pkt. 10.4), zostają także wyprowadzone do trzech zewnętrznych plików: `litofacje.patch`, `litofacje.class` i `litofacje.land` (Ryc. 32).

	litofacje.adj	04.10.2020 14:32	Plik ADJ	2 KB
	litofacje.class	04.10.2020 14:32	Plik CLASS	6 KB
	litofacje.fca	04.10.2020 14:29	A file containing a...	58 KB
	litofacje.land	04.10.2020 14:32	Plik LAND	1 KB
	litofacje.patch	04.10.2020 14:32	Plik PATCH	56 KB

Ryc. 32. Pliki wynikowe analiz wygenerowane przez program Fragstats

14. Odczytywanie plików metryk krajobrazowych

Wygenerowane zbiory wyników (Ryc. 32) są plikami tekstowymi. W celu dalszej obróbki i / lub interpretacji należy je otworzyć w programie MS Excel.

- 14.1. 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. 33).

```

litofacje.class.txt — Notatnik
Plik Edycja Format Widok Pomoc
LID , TYPE , CA , PLAND , NP , PD , LPI , TE , ED , AREA_MN , AREA_CV ,
SHAPE_MN , SHAPE_CV , FRAC_MN , FRAC_CV , ENN_MN , ENN_CV , PLADJ , IJI ,
DIVISION , AI
F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_14 , 5807.0000 ,
64.5222 , 40.0000 , 0.4444 , 30.9008 , 458660.0000 ,
50.9622 , 145.1750 , 338.1386 , 2.1566 , 80.5626 ,
1.1046 , 5.5382 , 60.8086 , 0.5281 , 97.9119 ,
58.2880 , 0.8706 , 98.0407
F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_18 , 683.3100 ,
7.5923 , 92.0000 , 1.0222 , 0.7139 , 323620.0000 ,
35.9578 , 7.4273 , 131.4012 , 3.2369 , 40.4903 ,
1.2046 , 5.4499 , 186.2706 , 0.0592 , 88.0486 ,
41.9240 , 0.9998 , 88.3869
F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_2 , 1183.3400 , 13.1482
, 116.0000 , 1.2889 , 0.8637 , 319620.0000 , 35.5133 ,
10.2012 , 143.2900 , 2.1302 , 44.2543 , 1.1246 ,
5.8508 , 42.2242 , 0.6247 , 93.1837 , 56.2996 ,
0.9995 , 93.4554
F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_16 , 304.4100 ,
3.3823 , 6.0000 , 0.0667 , 2.0666 , 91130.0000 ,
10.1256 , 50.7350 , 122.5815 , 5.1460 , 37.4553 ,
1.2493 , 2.6923 , 959.9668 , 0.0020 , 92.4132 ,
51.7345 , 0.9995 , 92.9460
F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_4 , 173.0800 , 1.9231
, 36.0000 , 0.4000 , 0.2588 , 52930.0000 , 5.8811 ,
4.8078 , 102.3713 , 1.7915 , 28.3337 , 1.1088 ,
3.8022 , 268.7143 , 0.0314 , 92.0095 , 53.5046 ,
1.0000 , 92.7166
F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_10 , 0.8800 ,
0.0098 , 2.0000 , 0.0222 , 0.0064 , 550.0000 ,
0.0611 , 0.4400 , 31.8182 , 1.4261 , 21.1155 ,
1.0881 , 4.5503 , 3056.3050 , 0.0035 , 78.9773 ,
34.1112 , 1.0000 , 88.5350
F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_3 , 367.5500 , 4.0839
, 242.0000 , 2.6889 , 0.2221 , 142870.0000 , 15.8744 ,
1.5188 , 178.7284 , 1.3298 , 21.9669 , 1.0653 ,

```

Ryc. 33. Podgląd pliku litofacje.class.txt

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

- 14.2. 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.
- 14.3. Otworzy się kreator importu tekstu (Ryc. 34). Wybierz typ pliku, który najlepiej opisuje dane źródłowe jako „Rozdzielany”.

Kreator importu tekstu - krok 1 z 3

Kreator tekstu ustalił, że dane są stałej szerokości.

Jeśli tak jest, wybierz przycisk Dalej lub wybierz typ najlepiej opisujący Twoje dane.

Typ danych źródłowych

Wybierz typ pliku, który najlepiej opisuje dane źródłowe:

☐ Rozdzielany - Znaki, takie jak przecinek czy tabulacja, oddzielają pola.

☒ Stała szerokość - Pola są wyrównane w kolumnach z odstępami między polami.

Rozpoznij import od wiersza: 1 Pochodzenie pliku: 852 : Śródkowoeuropejski (DOS)

☐ Moje dane mają nagłówki

Podgląd pliku F:\ArcGIS\OPN\Raster\FRAGSTATS\litofacje.class.txt.

```

1 LID , TYPE , CA , PLAND , NP , PD , LPI , TE , ED , AREA_MN , AREA_CV , SHAPE_MN , SHAPE_CV , FRAC_MN
2 F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_14 , 5807.0000 , 64.5222 , 40.0000 ,
3 F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_18 , 683.3100 , 7.5923 , 92.0000 ,
4 F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_2 , 1183.3400 , 13.1482 , 116.0000 ,
5 F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_16 , 304.4100 , 3.3823 , 6.0000 ,
6 F:\ArcGIS\OPN\Raster\ASCII\litofacje.asc , cls_4 , 173.0800 , 1.9231 , 36.0000 ,

```

Anuluj < Wstecz Dalej > Zakończ

Ryc. 34. Kreator importu tekstu MS Excel z importowanym plikiem litofacje.class.txt

14.4. Jako ogranicznik rozdzielający kolumny wybierz przecinek.

14.5. Kliknij kolejno: *Dalej* oraz *Zakończ*.

W wyniku importu pliku litofacje.class.txt, w programie Excel pojawi się zestaw obliczonych metryk dla poziomu kategorii (Ryc. 35). Kolumna TYPE definiuje kategorie wydzieleń litofacyjnych.

LID	TYPE	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	AREA_MN	AREA_CV	SHAPE_MN	SHAPE_CV	FRAC_MN	FRAC_CV	ENN_MN	ENN_CV	PLADJ	UII	DIVISION	AI
F:\ArcGIS\cls_14		5807.00	64.522	40.000	0.4444	30.900	458660.0	50.962	145.175	338.138	2.1566	80.562	1.1046	5.5382	60.808	0.5281	97.911	58.288	0.8706	98.0407
F:\ArcGIS\cls_18		683.310	7.5923	92.000	1.0222	0.7139	323620.0	35.957	7.4273	131.401	3.2369	40.490	1.2046	5.4495	186.270	0.0592	88.048	41.924	0.9998	88.3869
F:\ArcGIS\cls_2		1183.34	13.148	116.000	1.2888	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	93.4554
F:\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
F:\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
F:\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
F:\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	85.535	0.1180	90.229	49.073	1.0000	90.7037
F:\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	268.515	0.0664	95.719	41.846	0.9999	96.3121
F:\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
F:\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	390.015	0.0085	95.427	36.128	0.9999	96.1030
F:\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
F:\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
F:\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
F:\ArcGIS\cls_7		1.2300	0.0137	3.0000	0.0333	0.0083	880.000	0.0976	0.4100	74.406	1.2116	12.637	1.0469	3.2125	146.774	0.2585	82.113	38.680	1.0000	90.5830
F:\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. 35. Fragment arkusza kalkulacyjnego MS Excel z zaimportowanym plikiem metryk krajobrazowych na poziomie kategorii

15. 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 ha]	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

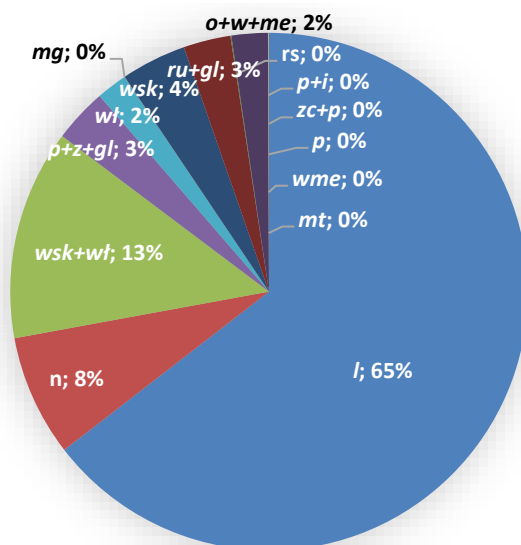
Model zmienności litofacjalnej obejmuje piętnaście kategorii litofacjalnych (Ryc. 2; Tab. 2).

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 krzemienny gliny z krzemieniami, zwietrzelinowe
11	<i>wme</i>	wapienie margliste, płytowe
12	<i>wsk</i>	wapienie skaliste
13	<i>wsk+wł</i>	wapienie skaliste i wapienie ławicowe (nierozdzielone)
14	<i>wł</i>	wapienie ławicowe z krzemieniami (oraz nierozdzielone wapienie ławicowe i skaliste)
15	<i>zc+p</i>	zlepieńce, miejscami piaskowce wapniste 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 płątami 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 wydzielen litofacjalnych wynosi 60%.

Analizowany krajobraz charakteryzuje się wysokim zróżnicowaniem udziałów poszczególnych wydzielen litofacjalnych (Ryc. 36).



Ryc. 36. 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 płątów. Na 1 km² analizowanej powierzchni, przeciętnie występuje 0,4 płąta 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) [%]
<i>l</i>	5807,0	64,5	40	0,4	30,9	458660	51,0	145,2	338,1
<i>n</i>	683,3	7,6	92	1,0	0,7	323620	36,0	7,4	131,4
<i>wsk+wt</i>	1183,3	13,1	116	1,3	0,9	319620	35,5	10,2	143,3
<i>p+z+gl</i>	304,4	3,4	6	0,1	2,1	91130	10,1	50,7	122,6
<i>wt</i>	173,1	1,9	36	0,4	0,3	52930	5,9	4,8	102,4
<i>mg</i>	0,9	0,0	2	0,0	0,0	550	0,1	0,4	31,8
<i>wsk</i>	367,6	4,1	242	2,7	0,2	142870	15,9	1,5	178,7
<i>ru+gl</i>	265,7	3,0	33	0,4	1,0	45470	5,1	8,1	199,4
<i>rs</i>	5,5	0,1	4	0,0	0,0	2660	0,3	1,4	8,6
<i>o+w+me</i>	203,4	2,3	20	0,2	0,7	36340	4,0	10,2	144,1
<i>mt</i>	0,9	0,0	2	0,0	0,0	640	0,1	0,4	5,6
<i>wme</i>	1,5	0,0	1	0,0	0,0	780	0,1	1,5	0,0
<i>p+i</i>	0,7	0,0	1	0,0	0,0	440	0,0	0,7	0,0
<i>p</i>	1,2	0,0	3	0,0	0,0	880	0,1	0,4	74,4
<i>zc+p</i>	1,5	0,0	3	0,0	0,0	1010	0,1	0,5	44,2

Komórki płątów 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 płątów 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 płątów. Stosunkowo niewielka liczba jednostek oraz duża łączna powierzchnia sprawiają, że przeciętna wielkość płątów kategorii wynosi około 145 ha. Należy jednak zaznaczyć, że rozmiar płątów 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. Płąty 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+wt</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>wt</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. 36). Obszary położone na płatach tego wydzielenia 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 płat/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. 36). Z uwagi na dydaktyczny charakter niniejszego dokumentu ich opis zostanie tu pominięty.

Bibliografia

- 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, 144.
- Urbański, J., 2011. *GIS w badaniach przyrodniczych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 252.
- Zwierzchowska, I., Stępniewska, M., Łowicki, D., 2010. Możliwości wykorzystania programu Fragstats w badaniach środowiska przyrodniczego. *Przegląd Geograficzny*, 82(1), 85-102.