

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Różnorodność obiektów poligono- wych na podstawie entropii

Georóżnorodność z ArcGIS Pro

Tomasz Bartuś

Wyłącznie do użytku wewnętrznego AGH

<https://home.agh.edu.pl/~bartus/>
05.11.2025 22:07:00

Różnorodność obiektów poligonowych na podstawie entropii

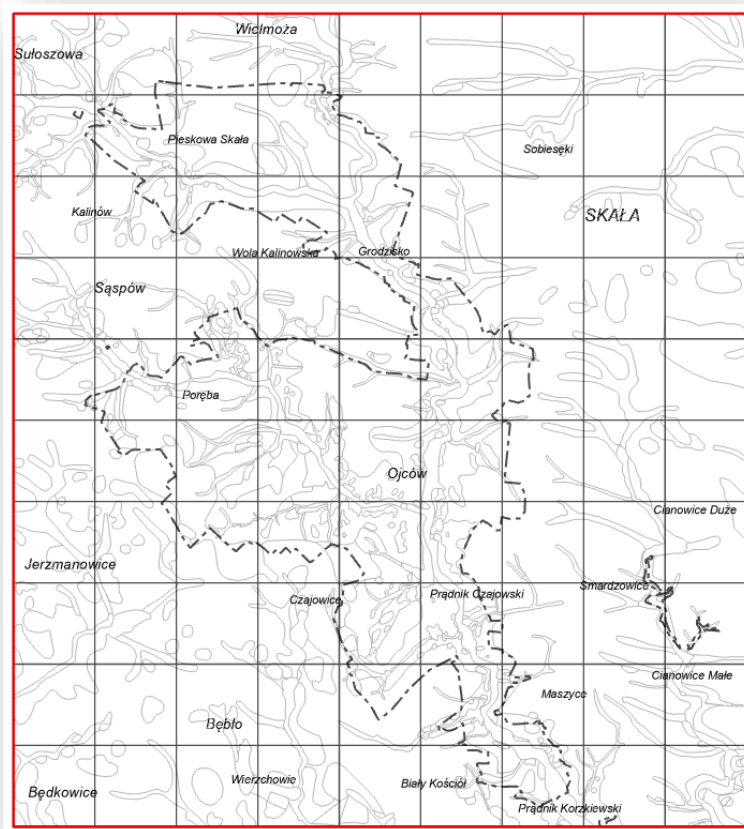
W tym ćwiczeniu zapoznamy się ze sposobem oceny różnorodności na podstawie wartości wskaźnika Shannon'a-Weavera *SHDI* (Shannon & Weaver, 1949). Do obliczeń będziemy potrzebowali poligonowej klasy dowolnej cechy krajobrazu. My użyjemy wykorzystywanej tu już wcześniej klasy zróżnicowania litofacjalnego.

Wykonanie obliczeń będzie wymagało oprogramowania ArcGIS Pro oraz zainstalowania rozszerzenia *ZonalMetrics*.

1. Otwarcie mapy dla badanego kryterium georóżnorodności

- 1.1. Otwórz aplikację ArcGIS Pro.
- 1.2. Otwórz wcześniej utworzoną mapę (zob. Ćwiczenie Różnorodności cząstkowe elementów krajobrazu – 5.1. Budowa geologiczna). W tym dokumencie cała procedura zostanie przedstawiona na przykładzie mapy 4.3. Map_RGLitoSHDI.
- 1.3. Otwórz mapę 3.1. Map_Pole_Podstawowe.
- 1.4. Skopiuj na mapę 4.3. Map_RGLitoSHDI warstwę siatki analitycznej.
- 1.5. Jeśli to konieczne zmień w panelu *Contents* nazwę warstwy siatki analitycznej na `grid_1000` i zmień sposób jej symbolizacji na *Single Symbol* w stylu *Extent Hollow*.
- 1.6. Sprawdź warstwę `litofacje` z jakiej klasy obiektów pobiera dane. Jeśli z klasy `litofacje_Dissolve` to ją usuń z panelu *Contents*. Podmień usuniętą warstwę klasą
...\\GEDOVERSITY\\OPN_geologia.gdb\\new\\litostratygrafia.
- 1.7. Usuń etykietowanie warstwy `grid_1000`.

Mamy mapę gotową do obliczeń (Ryc. 1).



Ryc. 1. Mapa 4.3. Map_RGLitoSHDI gotowa do analiz

2. Entropia, wskaźnik różnorodności Shannon'a-Weavera SHDI

Entropia, wskaźnik różnorodności Shannon'a-Weavera SHDI (*Shannon's Diversity Index*) jest parametrem mierzącym stopień powierzchniowego zróżnicowania cech (Shannon & Weaver, 1949). Oblicza się go na poziomie krajobrazu (1). Wskaźnik może przyjmować wartości $<0; \ln m_{max}>$, gdzie m_{max} oznacza maksymalną liczbę kategorii płatów. SHDI ma wartość 0 gdy cały obszar badań obejmuje wyłącznie jeden płat (brak różnorodności). Wartość parametru wzrasta wraz wzrostem stopnia równomiernego pokrycia obszaru przez różne kategorie płatów oraz wraz ze wzrostem liczby kategorii (w mniejszym stopniu). Indeks Shannon'a jest bardziej wrażliwy od indeksu Simpson'a (SIDI) na obecność płatów o bardzo małej powierzchni. Jest także od niego nieco bardziej wrażliwy na obecność kategorii o niewielkiej liczbie elementów (McGarigal & Marks, 1995; Kot & Leśniak, 2006; Urbański, 2012; Bartuś, 2020; McGarigal et al., 2023).

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i) [-] \quad (1)$$

gdzie:

m – liczba kategorii w krajobrazie,

i – kategoria (typ płatów),

P_i – proporcja danej kategorii w krajobrazie (prawdopodobieństwo wystąpienia w krajobrazie płata określo-

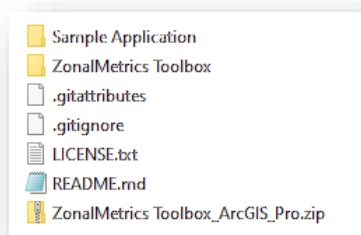
nego typu),

$$P_i = \frac{\text{powierzchnia zajmowana przez } i - \text{tą kategorię}}{\text{powierzchnia pola podstawowego}} * 100\%$$

3. Pobieranie toolboxa *Zoonal Metrics*

UWAGA! Punkt 3 robimy wyłącznie jeden raz.

- 2.1. Wejdź na stronę repozytorium GitHub
(https://github.com/ZGIS/ZonalMetrics-Toolbox_ArcGIS_Pro) (Adamczyk & Tiede, 2017; Tiede & Adamczyk, 2017).
- 2.2. Pod zielonym przyciskiem z napisem *Code* znajduje się menu rozwijane, z którego wybieramy opcję *Download ZIP*.
- 2.3. Rozpakuj pobrane archiwum w folderze projektowym i podfolderze \GEODIVERSITY\SRC\.
- 2.4. W rozpakowanym archiwum *ZonalMetrics-Toolbox_ArcGIS_Pro-master* znajdują się następujące elementy:
 - Folder *Sample Application* – zawierający pliki *.shp* przykładowego projektu.
 - Folder *ZonalMetrics Toolbox* z zawartością toolboxa ArcGIS Pro.
 - Plik licencji *LICENSE.txt*.
 - Plik *Redme.md* zawierający informację o sposobie cytacji aplikacji.
 - Plik archiwum *ZonalMetrics Toolbox_ArcGIS_Pro.zip* zawierający kopię plików Toolboxa oraz krótką instrukcję użytkowania (Ryc. 2).

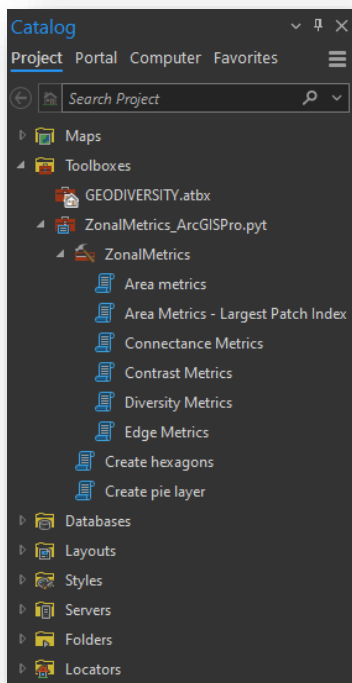


Ryc. 2. Zawartość rozpakowanego archiwum *ZonalMetrics-Toolbox_ArcGIS_Pro-master.zip*

3. Instalacja *ZonalMetrics-Toolbox*

- 3.1. W panelu *Catalog* kliknij ppm na zakładce projektowych *Toolboxes* i z menu kontekstowego wybierz polecenie *Add Toolbox*.
- 3.2. W oknie *Add Toolbox* wskaż ścieżkę do rozpakowanego archiwum i wskaż w nim plik *ZonalMetrics_ArcGISPro.pyt*.

- 3.3. Toolbox *ZonalMetrics* zostanie automatycznie dodany do okna z narzędziami *Toolboxes*. W jego wnętrzu znajduje się zestaw narzędzi *ZonalMetrics* (Ryc. 3).

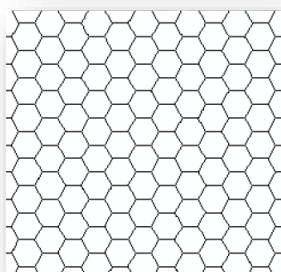


Ryc. 3. Zawartość toolboxa *ZonalMetrics_ArcGISPro*

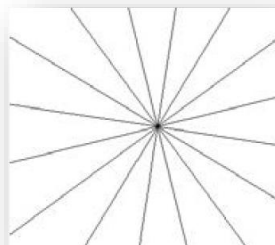
4. Tworzenie siatek analitycznych

Toolbox *ZonalMetrics_ArcGISPro* posiada swój zestaw narzędzi do tworzenia sztucznych siatek analitycznych. W pakiecie znajdują się narzędzia: *Create hexagons* (Ryc. 3) służące do tworzenia siatek sześciokątnych (Ryc. 4A) oraz narzędzie *Create pie layer* służące do tworzenia siatek w postaci tortowej (Ryc. 4B).

A



B



Ryc. 4. Przykłady sztucznych siatek analitycznych: sześciokątnej (A) oraz tortowej (B) utworzonych za pomocą narzędzi *ZonalMetrics_ArcGISPro*

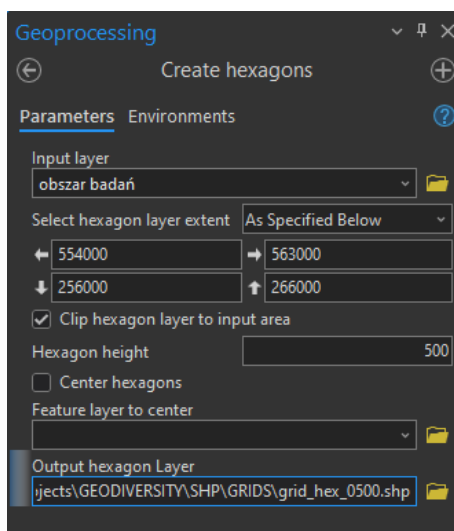
My w naszym projekcie już wybraliśmy siatkę kilometrową o bokach w kształcie kwadratów więc nie będziemy korzystali z tych opcji ale dla przećwiczenia utworzymy sobie siatkę regularnych pól w kształcie sześciokątów.

UWAGA

Siatki generowane przez narzędzia *ZonalMetrics* mają format ESRI shapefile (.shp).

- 4.1. Z narzędzi projektowych *Toolboxes* > *ZonalMetrics_ArcGISPro.pyt* > wybierz *Create hexagons*.
- 4.2. Jako klasę definiującą zakres przestrzenny przyszłej siatki wybierz klasę *obszar_badan* (Ryc. 5).
- 4.3. Jako wysokość sześciokątów (krótsza przekątna sześciokąta) wpisz wartość 500 [m].
- 4.4. Zaznacz opcję *Clip hexagon layer to input area* (Wytnij warstwę sześciokątów w obszarze wejściowym).
- 4.5. W polu *Output hexagon Layer* (Wyjściowa siatka sześciokątów) wprowadź ścieżkę do folderu projektowego i nazwę pliku wynikowego:

...\GEODIVERSITY\SHp\GRIDS\grid_hex_0500.shp.



Ryc. 5. Okno dialogowe *Create hexagons* tworzące siatki regularnych pól w kształcie sześciokątów

W wyniku działania narzędzia została wygenerowana siatka regularnych pól w kształcie sześciokątów (Ryc. 6).

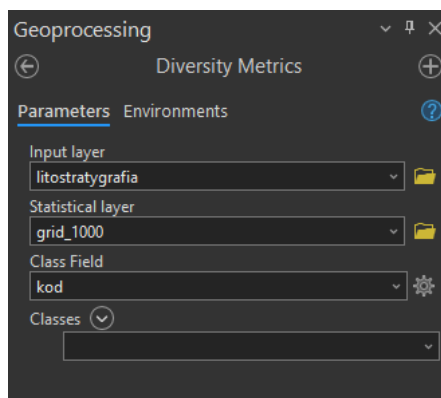


Ryc. 6. Sztuczna siatka pól podstawowych w kształcie sześciokątów wygenerowana za pomocą narzędzia *Create hexagons*

- 4.6. Usunąć z panelu *Contents* warstwę, a także klasę siatki `grid_hex_0500.shp` z folderu `...\\GEODIVERSITY\\SHP\\GRIDS\\`. Nie będziemy ich wykorzystywać.

5. Obliczanie wskaźników SHDI obiektów poligonowych

- 5.1. Aby dla kolejnych pól siatki analitycznej obliczyć wartości wskaźnika *SHDI* (np. dla wydzieleni litofacjalnych), musimy uruchomić narzędzie *Toolboxes > ZonalMetrics_ArcGISPro.pyt > ZonalMetrics > Diversity Metrics*.
- 5.2. Jako *Input layer* (Warstwa wejściowa) definiujemy badaną warstwę kryterium analizy georóżnorodności (tu – litostratygrafia) (Ryc. 7).
- 5.3. Jako *Statistical layer* (Warstwa statystyczna) – czyli warstwę poligonów w obrębie których zostaną obliczone wartości entropii definiujemy siatkę pól podstawowych – `grid_1000`.
- 5.4. Na koniec definiujemy atrybut (*Class Field*) klasy `litostratygrafia` w oparciu o który będą liczone wartości indeksu *SHDI* (tu – kod).



Ryc. 7. Okno dialogowe definiujące zmienne do obliczeń *Miar różnorodności (Diversity Metrics)*

W wyniku działania narzędzia, do tabeli atrybutowej klasy siatki pól podstawowych – grid_1000 zostają dodane pola i wartości trzech atrybutów: unitID, shdi oraz zone_area (Ryc. 8).

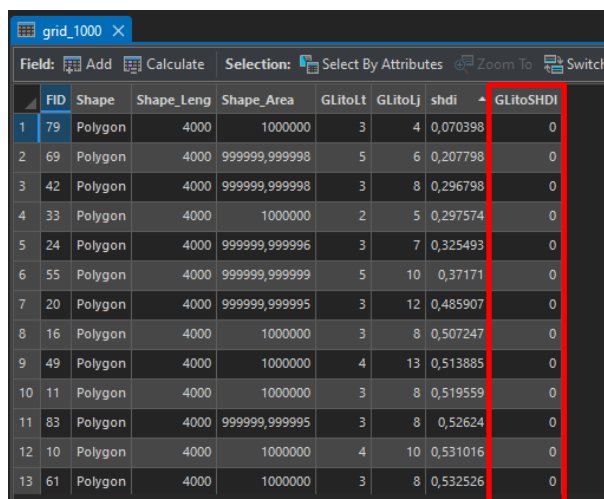
grid_1000									
Field:	Add	Calculate	Selection: Select By Attributes		Zoom To	Switch			
FID	Shape	Shape_Leng	Shape_Area	GLitoLt	GLitoLj	unitID	shdi	zone_area	
1	0	Polygon	4000	1000000	4	10	0	0,946601	1000000
2	1	Polygon	4000	1000000	3	5	1	0,568396	1000000
3	2	Polygon	4000	1000000	5	11	2	1,068981	1000000
4	3	Polygon	4000	1000000	5	14	3	1,447475	1000000
5	4	Polygon	4000	1000000	6	13	4	0,93282	1000000
6	5	Polygon	4000	1000000	7	13	5	0,789528	1000000
7	6	Polygon	4000	1000000	6	24	6	1,447167	1000000
8	7	Polygon	4000	1000000	6	16	7	0,775935	1000000
9	8	Polygon	4000	1000000	8	31	8	1,321574	1000000
10	9	Polygon	4000	1000000	5	9	9	0,989837	1000000
11	10	Polygon	4000	1000000	4	10	10	0,531016	1000000
12	11	Polygon	4000	1000000	3	8	11	0,519559	1000000
13	12	Polygon	4000	1000000	6	15	12	1,290254	1000000

Ryc. 8. Fragment siatki pól podstawowych klasy grid_1000 z dodanymi polami i wartościami wskaźnika shdi oraz wartościami atrybutów unitID i zone_area

- 5.5. Kolumny z wartościami atrybutów unitID i zone_area należy usunąć. Nie będą nam potrzebne. Kliknij kolejno na ich nagłówki i usuń je poleceniem *Delete (Usuń)*.

6. Zmiana nazwy atrybutu na znaczącą

- 6.1. W tabeli atrybutowej klasy siatki pól podstawowych – grid_1000 utwórz nowy atrybut o typie Float (liczby rzeczywiste o niskiej dokładności) i nazwie GLitoSHDI (Ryc. 9).

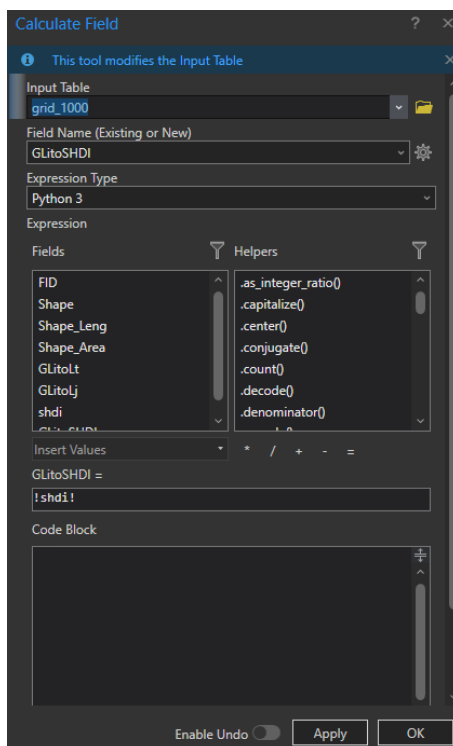


	FID	Shape	Shape_Leng	Shape_Area	GLitolt	GLitolj	shdi	GLitoSHDI
1	79	Polygon	4000	1000000	3	4	0,070398	0
2	69	Polygon	4000	999999,999998	5	6	0,207798	0
3	42	Polygon	4000	999999,999998	3	8	0,296798	0
4	33	Polygon	4000	1000000	2	5	0,297574	0
5	24	Polygon	4000	999999,999996	3	7	0,325493	0
6	55	Polygon	4000	999999,999999	5	10	0,37171	0
7	20	Polygon	4000	999999,999995	3	12	0,485907	0
8	16	Polygon	4000	1000000	3	8	0,507247	0
9	49	Polygon	4000	1000000	4	13	0,513885	0
10	11	Polygon	4000	1000000	3	8	0,519559	0
11	83	Polygon	4000	999999,999995	3	8	0,52624	0
12	10	Polygon	4000	1000000	4	10	0,531016	0
13	61	Polygon	4000	1000000	3	8	0,532526	0

Ryc. 9. Fragment siatki pól podstawowych klasy grid_1000 z dodanym atrybutem GLitoSHDI

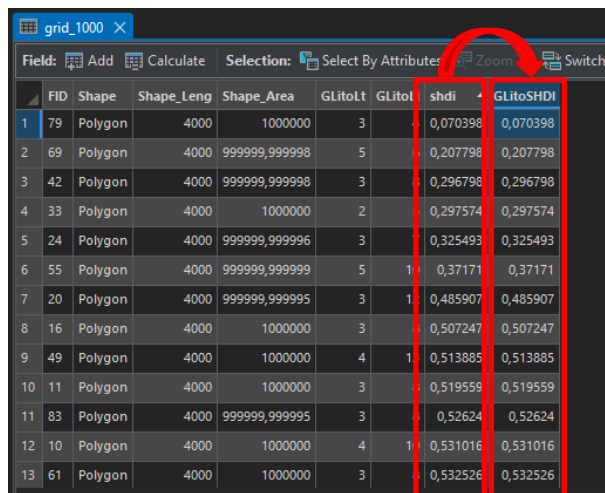
Przepiszemy teraz wartości atrybutu shdi do utworzonego atrybutu GLitoSHDI.

- 6.2. Kliknij ppm w nagłówku pola GLitoSHDI i wybierz narzędzie *Calculate Field* (Oblicz pole).
- 6.3. W oknie dialogowym *Calculate Field*, w polu Fields szybko dwukrotnie kliknij pole shdi. W ten sposób wartości tego atrybutu zostaną przypisane atrybutowi GLitoSHDI (Ryc. 10), a następnie przyciśnij przycisk OK.



Ryc. 10. Okno dialogowe Calculate Field, w którym wartości atrybutu shdi zostają przypisane do nowego atrybutu GLitoSHDI

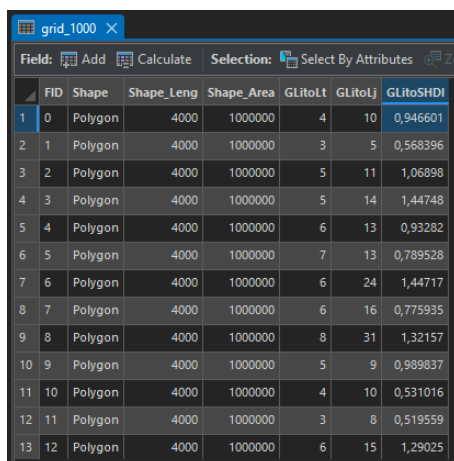
W wyniku przeprowadzonej operacji kalkulator pól przepisał wartości atrybutu `shdi` do atrybutu `GLitoSHDI` (Ryc. 11).



FID	Shape	Shape_Leng	Shape_Area	GLitoL	GLitoLj	shdi	GLitoSHDI
1	79	Polygon	4000	1000000	3	0,070398	0,070398
2	69	Polygon	4000	999999,999998	5	0,207798	0,207798
3	42	Polygon	4000	999999,999998	3	0,296798	0,296798
4	33	Polygon	4000	1000000	2	0,297574	0,297574
5	24	Polygon	4000	999999,999996	3	0,325493	0,325493
6	55	Polygon	4000	999999,999999	5	0,37171	0,37171
7	20	Polygon	4000	999999,999995	3	0,485907	0,485907
8	16	Polygon	4000	1000000	3	0,507247	0,507247
9	49	Polygon	4000	1000000	4	0,513885	0,513885
10	11	Polygon	4000	1000000	3	0,519559	0,519559
11	83	Polygon	4000	999999,999995	3	0,52624	0,52624
12	10	Polygon	4000	1000000	4	0,531016	0,531016
13	61	Polygon	4000	1000000	3	0,532526	0,532526

Ryc. 11. Fragment siatki pól podstawowych klasy `grid_1000` z przypisanymi wartościami atrybutu `GLitoSHDI`

6.4. Usuń kolumnę z niepotrzebnymi już wartościami atrybutu `shdi` (Ryc. 12).



FID	Shape	Shape_Leng	Shape_Area	GLitoL	GLitoLj	GLitoSHDI
1	0	Polygon	4000	1000000	4	0,946601
2	1	Polygon	4000	1000000	3	0,568396
3	2	Polygon	4000	1000000	5	1,06898
4	3	Polygon	4000	1000000	5	1,44748
5	4	Polygon	4000	1000000	6	0,93282
6	5	Polygon	4000	1000000	7	0,789528
7	6	Polygon	4000	1000000	6	1,44717
8	7	Polygon	4000	1000000	6	0,775935
9	8	Polygon	4000	1000000	8	1,32157
10	9	Polygon	4000	1000000	5	0,989837
11	10	Polygon	4000	1000000	4	0,531016
12	11	Polygon	4000	1000000	3	0,519559
13	12	Polygon	4000	1000000	6	1,29025

Ryc. 12. Fragment siatki pól podstawowych klasy `grid_1000` po usunięciu kolumny pola `shdi`

7. Bonitacja przedziałowa wartości entropii i utworzenie kartogramu różnorodności

Ostatnią rzeczą jaką musimy zrobić jest przeprowadzenie bonitacji przedziałowej i utworzenie kartogramu różnorodności geologicznej na podstawie wartości wskaźnika SHDI.

7.1. Zaznacz w panelu *Contents* warstwę `grid_1000` i na karcie *Feature Layer* w grupie *Drawing* wybierz narzędzie *Symbology* > *Graduated Colors*.

- 7.2. Zanim przejdziemy do klasyfikacji kategorii kartogramu oblicz proste parametry statystyczne populacji $GLitoSHDI$ (Ryc. 13). Zwróć szczególną uwagę na zakres zmienności parametru.

Statistics	
Count	90
Minimum	0,07
Maximum	1,64
Mean	0,92
Standard deviation	0,35

Ryc. 13. Proste statystyki opisowe populacji $GLitoSHDI$

Jak widać, obliczone wartości wskaźnika SHDI zmieniają się w zakresie $<0,07; 1,64>$. Uwaga bo to parametry zaokrąglone. Żadne pole podstawowe nie otrzymało wartości $SHDI = 0$, co oznacza, że w żadnym polu nie stwierdzono jednorodności litofacjalnej (jeden poligon). Oznacza to, że w tworzonym kartogramie nie będzie kategorii „brak różnorodności”.

- 7.3. W oparciu o bonitację zamieszczoną w Tab. 1 zasymbolizuj mapę końcową. Do kategoryzacji wykorzystaj metodę równych przedziałów i manualną.

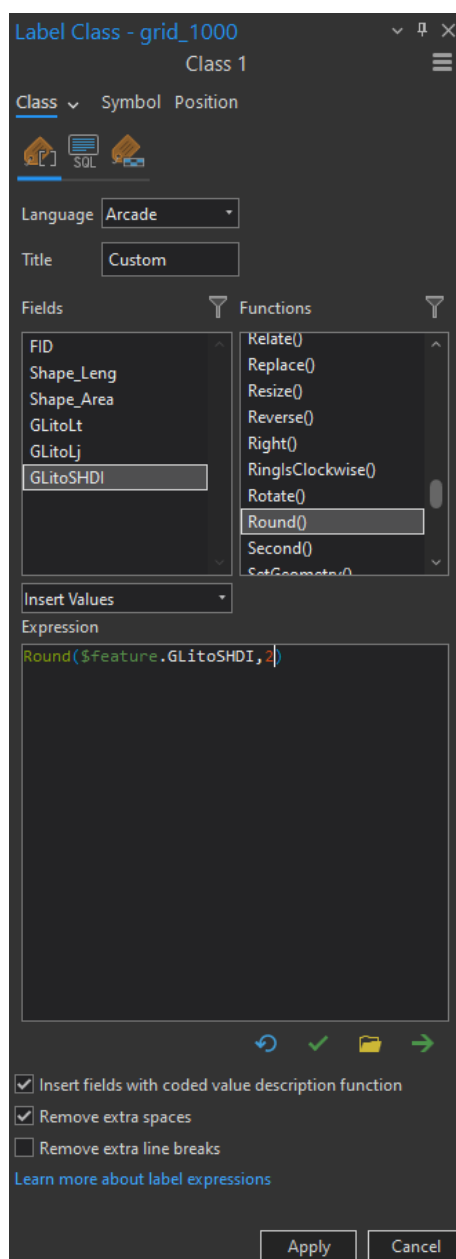
Tab. 1. Klasyfikacja, bonitacja przedziałowa i ocena entropii litofacji

Liczba jednostek litofacjalnych ($GLitoSHDI$ [-])	Bonitacja przedziałowa	Ocena różnorodności
(1,25-1,65>	4	bardzo duża
(0,85-1,25>	3	duża
(0,46-0,85>	2	średnia
(0,0-0,46>	1	mała
0	0	brak

- 7.4. Korzystając z symboli klas bonitacyjnych zdefiniowanych w pliku `stylex` zasymbolizuj pola podstawowe kartogramu.
- 7.5. Warstwie litofacji nadaj przezroczystość 40%. Grubość linii 0,7 punkta, kolor linii szary 50%.
- 7.6. Warstwie `grid_1000` nadaj przezroczystość 30%.
- 7.7. Za pomocą etykiet wyświetl obliczone wartości wskaźników SHDI w polach siatki podstawowej.

Obliczone wartości wskaźników $SHDI$ obejmują wiele miejsc po przecinku. Powinniśmy ograniczyć wyświetlane liczby atrybutu $GLitoSHDI$ do dwóch miejsc po przecinku.

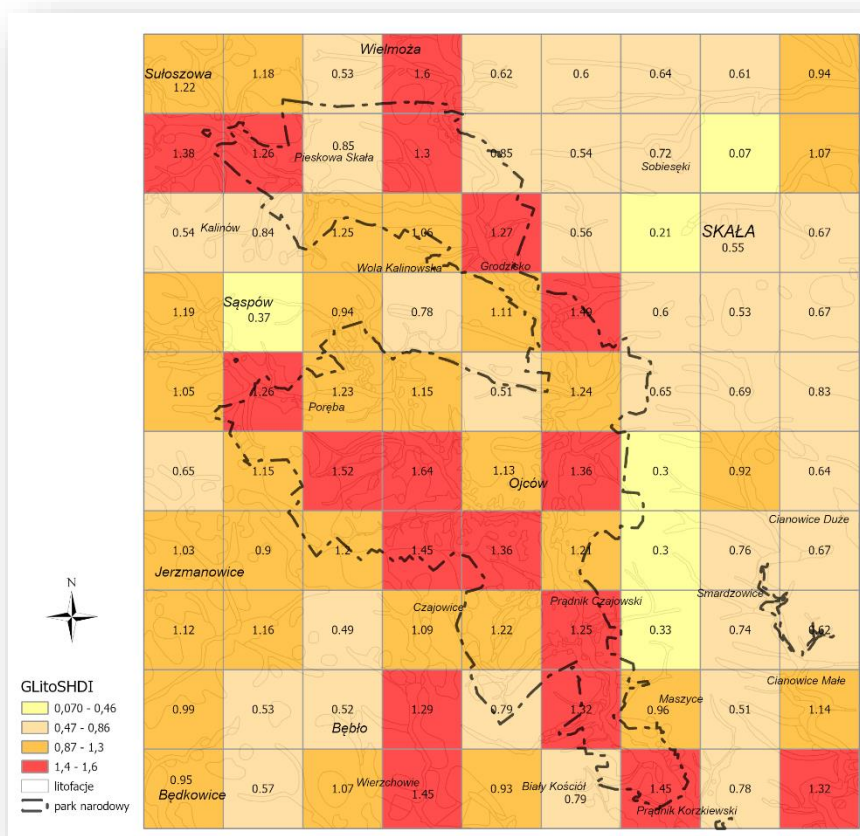
- 7.8. Na karcie *Labeling* kliknij przycisk *Expression* na karcie *Label Class*. Aby ograniczyć liczbę miejsc po przecinku wyświetlanych etykiet zbuduj wyrażenie zgodne z Ryc. 14.



Ryc. 14. Okno dialogowe *Label Class* z wyrażeniem ograniczającym liczbę miejsc po przecinku etykiety GLitoSHDI do dwóch miejsc po przecinku

7.9. Obejrzyj układ 4.3. Layout_RGLitoSHDI.

Ryc. 15 przedstawia cząstkową różnorodność geologiczną, która została obliczona na podstawie kryterium entropii zróżnicowania litofacjalnego.



Ryc. 15. Różnorodność geologiczna na podstawie entropii zróżnicowania litofacjalnego GLitoSHDI

Bibliografia

- Adamczyk, J., & Tiede, D. (2017). ZonalMetrics - a Python toolbox for zonal landscape structure analysis. *Computers and Geosciences*, 99, 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.11.005>
- Bartuś, T. (2020). *Struktura i różnorodność abiotycznych komponentów krajobrazu w ocenie i delimitacji obszarów chronionych na przykładzie Ojcowskiego Parku Narodowego i jego otoczenia*. Wydawnictwa AGH. <https://open.icm.edu.pl/bitstreams/0207012c-2c1f-410b-aa9f-b75bde9eaade/download>
- 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. (2023). *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. Computer software program produced by the authors; available at the following web site: <https://www.fragstats.org/>.
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-351>
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press.
- Tiede, D., & Adamczyk, J. (2017). *ZonalMetrics - a Python toolbox for calculating Landscape metrics in user defined zones*. https://proceedings.esri.com/library/userconf/euc15/papers/euc_11.pdf
- Urbański, J. (2012). *GIS w badaniach przyrodniczych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego,.