

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

# Różnorodność obiektów poligonowych na podstawie entropii

Georóżnorodność z ArcGIS Pro

Tomasz Bartuś  
Wyłącznie do użytku wewnętrznego AGH  
2023-12-12

## Różnorodność obiektów poligonowych na podstawie entropii

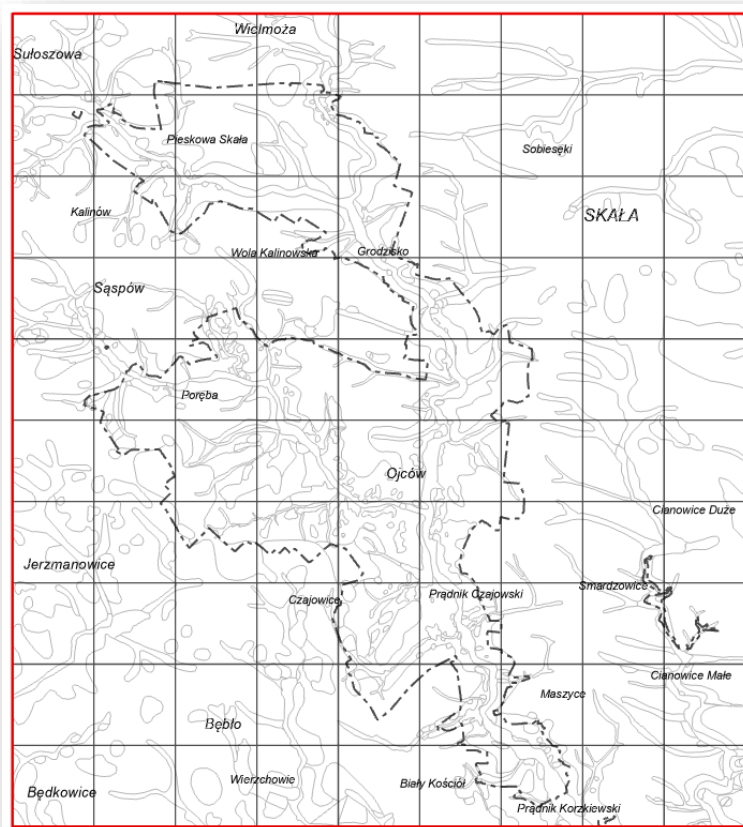
W tym ćwiczeniu zapoznamy się ze sposobem oceny różnorodności na podstawie wartości wskaźnika Shannon'a-Weavera SHDI. Do obliczeń będziemy potrzebowali poligonowej klasy dowolnej cechy krajobrazu. My użyjemy wykorzystywanej tu już wcześniej klasy zróżnicowania litofacjalnego.

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

### 1. Skopiowanie mapy dla badanego kryterium georóżnorodności

- 1.1. Otwórz aplikację *ArcGIS Pro*.
- 1.2. W panelu *Catalog* w karcie *Maps* skopiuj mapę `Map_Div_GLitoLt` i następnie wklej ją w karcie *Maps*.
- 1.3. Zmień nazwę skopiowanej mapy na `Map_Div_GLitoSHDI`.
- 1.4. Dodaj na scenę mapę `Map_Div_GLitoSHDI`.
- 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`.
- 1.8. Z geobazy `OPN_topo.gdb` dodaj do panelu *Contents* klasę `cieki_powierzchniowe`.

Mamy mapę gotową do obliczeń (**Ryc. 1**).



**Ryc. 1. Mapa Map\_Div\_GLItoSHDI gotowa do analiz**

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

Entropia, wskaźnik różnorodności Shannon'a-Weavera SHDI (ang.: *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; McGarigal i in. 2012; Urbański 2012; Bartuś 2020).

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

gdzie:

$m$  – liczba kategorii w krajobrazie,

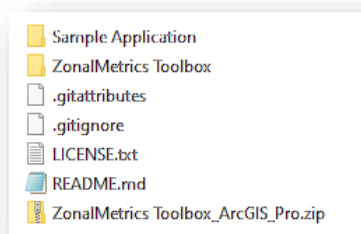
$i$  – kategoria (typ płatów),

$P_i$  – proporcja danej kategorii w krajobrazie (prawdopodobieństwo wystąpienia w krajobrazie płata określonego typu),

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

### 3. Pobieranie toolboxa *Zoonal Metrics*

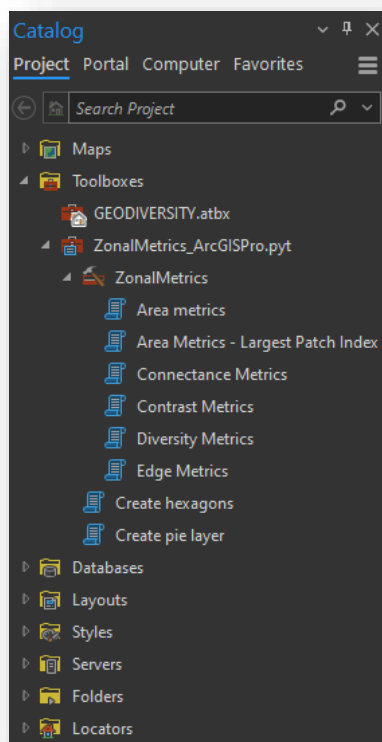
- 2.1. Wejdź na stronę repozytorium GitHub  
([https://github.com/ZGIS/ZonalMetrics-Toolbox\\_ArcGIS\\_Pro](https://github.com/ZGIS/ZonalMetrics-Toolbox_ArcGIS_Pro)).
- 2.2. Pod zielonym przyciskiem z napisem *Code* znajduje się menu rozwijane, z którego wybieramy opcję *Download ZIP*.
- 2.3. Rozpakuj 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 użytkownika (**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**).

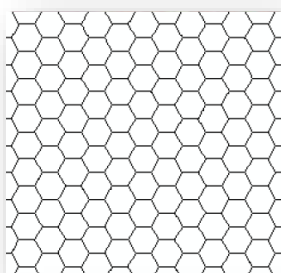


Ryc. 3. Zawartość toolboxa *ZonalMetrics\_ArcGISPro*

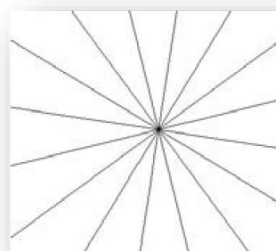
#### 4. Tworzenie siatek analitycznych

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



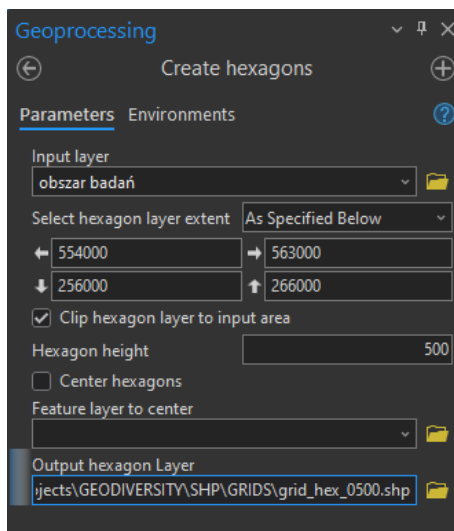
Ryc. 4. Przykłady sztucznych siatek analitycznych: sześciokątnej (A) oraz tortowej (B) utworzonych za pomocą narzędzi *ZonalMetrics\_ArcGISPro*

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).

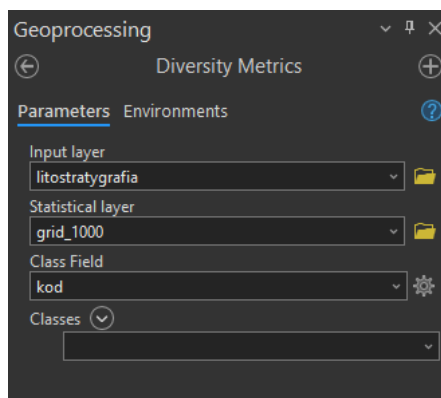


**Ryc. 6. Sztuczna siatka pól podstawowych w kształcie sześciokątów wygenerowana za pomocą narzędzia *Create hexagons***

- 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	GLitoL	GLitoJ	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

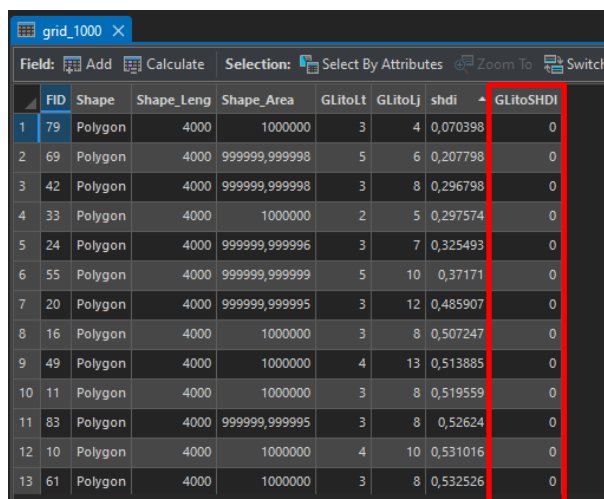
**Ryc. 8. Fragment siatki pól podstawowych klasy grid\_1000 z dodanymi polami i wartościami wskaźnika shdi oraz wartościami atrybutów unitID i zone\_area**

- 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).



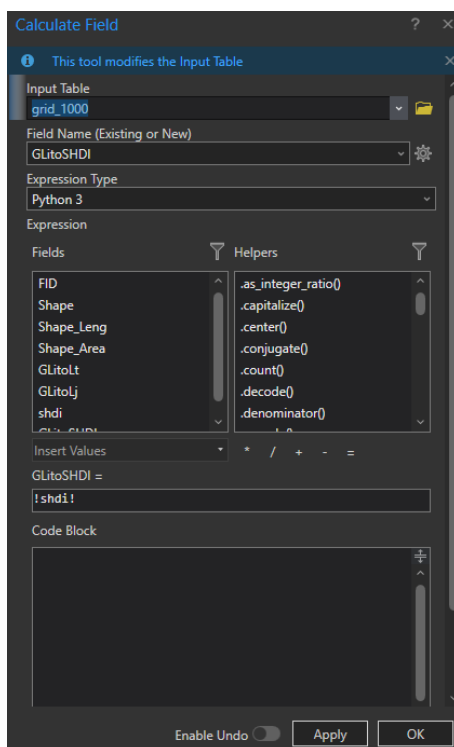


	FID	Shape	Shape_Leng	Shape_Area	GLitoLt	GLitoLj	shdi	GLitoSHDI
1	79	Polygon	4000	1000000	3	4	0,070398	0
2	69	Polygon	4000	999999,999998	5	6	0,207798	0
3	42	Polygon	4000	999999,999998	3	8	0,296798	0
4	33	Polygon	4000	1000000	2	5	0,297574	0
5	24	Polygon	4000	999999,999996	3	7	0,325493	0
6	55	Polygon	4000	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`**

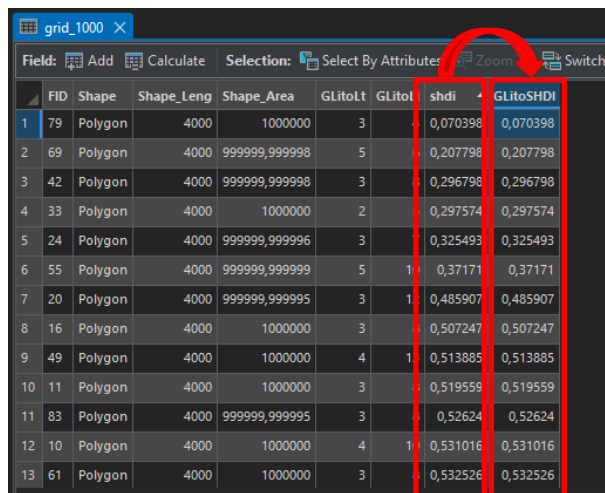
Przepiszemy teraz wartości atrybutu `shdi` do utworzonego atrybutu `GLitoSHDI`.

- 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`**

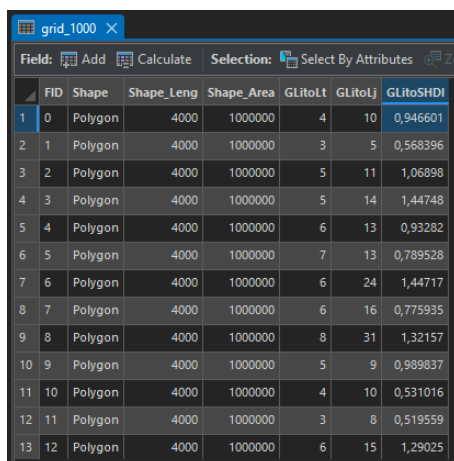
W wyniku przeprowadzonej operacji kalkulator pól przepisał wartości atrybutu `shdi` do atrybutu `GLitoSHDI` (Ryc. 11).



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. Usunąć 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 *Symbolology* > *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.

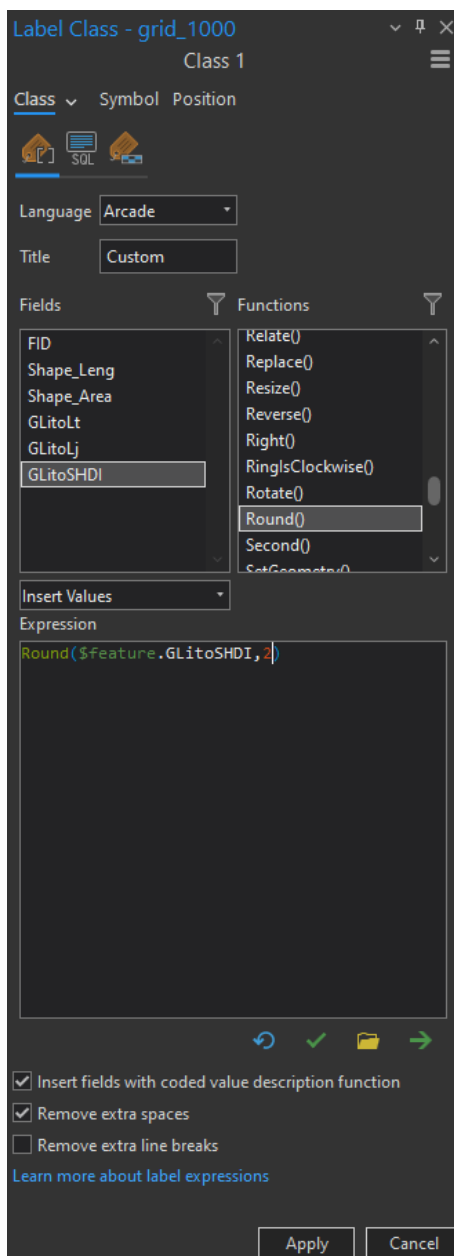
Tab. 1. Klasyfikacja, bonitacja przedziałowa i ocena entropii litofacji

Liczba jednostek litofacyjnych (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 stylu `OPN.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.

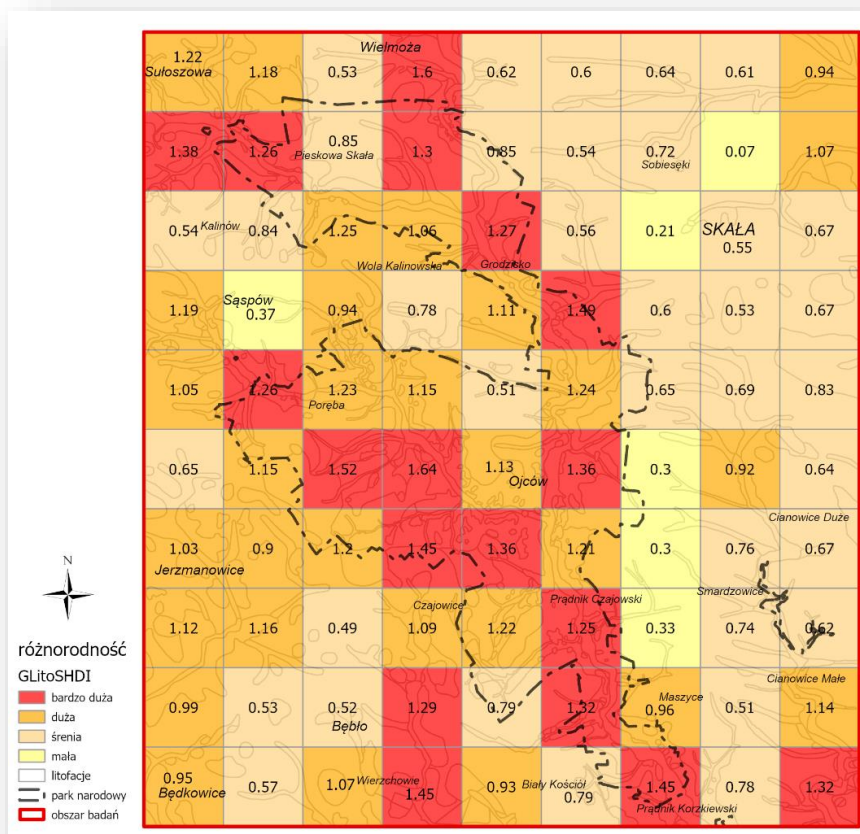
- 7.8. Na karcie *Labeling* kliknij przycisk *Expression* na karcie *Label Class*. Aby ograniczyć liczbę miejsc po przecinku wyświetlanych etykiet zbuduj wyrażenie zgodne z **Ryc. 14**.



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

- 7.9. Utwórz nowy układ o nazwie Layout\_Div\_GLitoSHDI. Rozmiary układu niech wynoszą: 160 × 154 mm.
- 7.10. Dodaj do układu ramkę mapy Map\_Div\_GLitoSHDI, strzałkę północy oraz legendę.
- 7.11. Rozmiary ramki mapy zmień na: 140 × 150 mm, a współrzędne lewego górnego naroża ramki mapy na: X = 20 mm; Y = 152 mm.
- 7.12. Zmień skalę mapy na 1:68 000.

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



Ryc. 15. Różnorodność geologiczna na podstawie entropii zróżnicowania litofacjalnego

## Bibliografia

- Adamczyk, J., Tiede, D., 2017. ZonalMetrics – a Python toolbox for zonal landscape structure analysis. *Computers & Geosciences* 99, 91–99. DOI:10.1016/j.cageo.2016.11.005, URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300416306586> (26.11.2020).
- 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].
- 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.
- Shannon C., Weaver W., 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, 144.

Tiede, D., Adamczyk, J., 2017. ZonalMetrics - a Python toolbox for calculating Landscape metrics in user defined zones. URL:

[https://proceedings.esri.com/library/userconf/euc15/papers/euc\\_11.pdf](https://proceedings.esri.com/library/userconf/euc15/papers/euc_11.pdf) (26.11.2020).

Urbański, J., 2011. *GIS w badaniach przyrodniczych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 252.