

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Georóżnorodność z ArcGIS Pro

Różnorodność zmiennych zregionalizowanych ciągłych

Na podstawie statystyk wartości pikseli

Tomasz Bartuś

Na podstawie materiałów szkoleniowych ESRI
Wyłącznie do użytku wewnętrznego AGH

<http://home.agh.edu.pl/bartus>
12.12.2023 14:22:00

Różnorodność na podstawie zróżnicowania wartości pikseli w obrazach rastrowych

Specyfika obrazów rastrowych sprawia, że w niektórych przypadkach można w oparciu o nie zdefiniować ważne kryteria analizy georóżnorodności. Takimi indeksami mogą być np. deniwelacja terenu obliczona dla kolejnych pól podstawowych NMT albo zróżnicowanie nachyleń stoków w modelu nachylenia stoków.

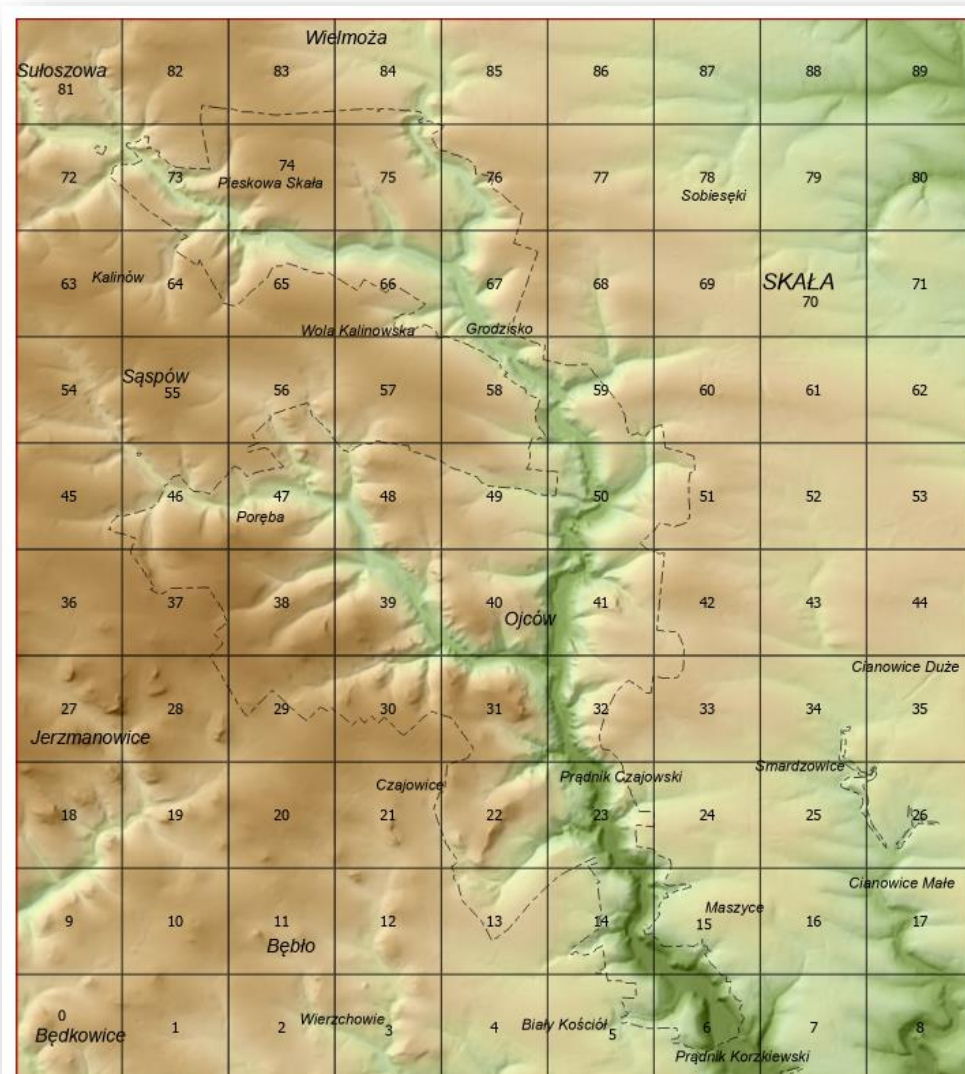
W ćwiczeniu zostanie pokazana procedura analizy różnorodności hipsometrii obszaru OPN i jego okolic. W przypadku innych kryteriów analizy georóżnorodności sposób postępowania będzie podobny.

UWAGA

Ćwiczenie wymaga wcześniejszego wygenerowania NMT (zob. ćwiczenie [Różnorodność rzeźby terenu](#)).

1. Utworzenie mapy i dodanie do niej numerycznego modelu terenu

- 1.1. W panelu *Catalog* zduplikuj mapę `Map_Morf_NMT`.
- 1.2. Zmień nazwę zduplikowanej mapy z `Map_Morf_NMT1` na `Map_Div_MDeniw`.
- 1.3. Z dowolnej mapy oceny georóżnorodności, np. `Map_Div_GLitoLj`, skopiuj na mapę `Map_Div_MDeniw` warstwę siatki analitycznej. U nas będzie to warstwa różnorodność.
- 1.4. Zmień etykietowanie warstwy siatki analitycznej na oparte na atrybucie `FID` opisującym numery kolejnych oczek siatki.
- 1.5. Zmień symbolizację warstwy siatki na jednolity symbol (*Single Symbol*).
- 1.6. Zmień symbol poligonów siatki analitycznej na przezroczysty (*Extent Hollow*) ([Ryc. 1](#)).



Ryc. 1. Numeryczny model terenu OPN i jego okolic z nałożoną warstwą siatki analitycznej

2. Utworzenie statystyk strefowych

Utworzony NMT to obraz złożony z 900 000 pikseli o wielkości 10 m × 10 m. Wykorzystywana siatka pól podstawowych o bokach 1000 m × 1000 m dzieli go na 80 identycznych pól podstawowych (Ryc. 1). Naszym celem będzie przeprowadzenie w każdym polu podstawowym obliczeń wyznaczających lokalne deniwelacje terenu. Dla każdego pola podstawowego musimy więc obliczyć następujące wyrażenie:

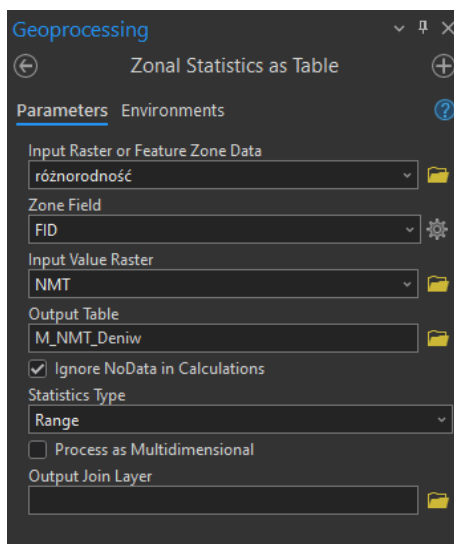
$$\Delta Z_i = Z_{i \max} - Z_{i \min} \text{ [m]}$$

Gdzie:

$Z_{i \min}$ – minimalna wysokość w obrębie pola podstawowego i ,
 $Z_{i \max}$ – maksymalna wysokość w obrębie pola podstawowego i ,
 ΔZ_i – deniwelacja w obrębie pola podstawowego i .

Do obliczeń będziemy wykorzystywali narzędzie *Zonal Statistics* (*Statystyki zonalne*). W ArcGIS Pro możemy skorzystać z modułu tworzącego rastrowe obrazy wynikowe albo tabele nieprzestrzenne (*Zonal Statistics as Table*). Skorzystamy z tego drugiego rozwiązania, będzie ono dla nas bardziej korzystne w związku z koniecznością późniejszego wyeksportowania wyników do tabeli siatki analitycznej, w której gromadzimy wyniki badań wszystkich kryteriów analiz georóżnorodności.

- 2.1. Na wstążce, na karcie *Analysis*, w grupie *Geoprocessing* (*Geoprzetwarzanie*) otwórz narzędzie *Tools* (*Narzędzia*). W polu *Find Tools* (*Wyszukiwanie narzędzi*) wpisz frazę "Zonal Statistics" i naciśnij klawisz *Enter*.
- 2.2. Z listy wyników wyszukiwania uruchom polecenie *Zonal Statistics as Table* (*Statystyki strefowe jako tabela*).
- 2.3. W panelu narzędzia geoprzetwarzania *Zonal Statistics as Table* jako *Input Raster or Feature Zone Data* (*Raster wejściowy lub klasa obiektów stref*) wprowadź wektorową klasę wyznaczającą pola podstawowe. U nas będzie to warstwa różnorodność (Ryc. 2).
- 2.4. W polu *Zone field* (*Pole strefy*) wprowadź unikatowy identyfikator pól siatki – w naszym przypadku będzie to wartość klucza podstawowego *FID*.
- 2.5. W polu *Input Value Raster* (*Wejściowe wartości rastra*) wprowadź ścieżkę do analizowanego obrazu rastrowego. W naszym przypadku będzie to nazwa warstwy *NMT*.
- 2.6. W polu *Output table* (*Tabela wyjściowa*) wprowadź ścieżkę, do której zostanie zapisana wynikowa tabela nieprzestrzenna z obliczonymi statystykami. W naszym przypadku będzie to ścieżka do geobazy *Geodiversity.gdb*, zestawu danych *morf* oraz nazwa tabeli *M_NMT_Deniw*.
- 2.7. W opcjonalnym polu *Statistics Type* (*Typy statystyk*) z listy wybierz odpowiednią statystykę. W naszym przypadku będzie nią rozstęp czyli *RANGE*.



Ryc. 2. Okno dialogowe narzędzia *Zonal Statistics as Table* obliczającego deniwelacje NMT w polach podstawowych

2.8. Po wypełnieniu wszystkich pól narzędzia przećśnij przycisk *Run*.

Opcjonalne statystyki zonalne

- WSZYSTKIE – zostaną obliczone wszystkie statystyki (ustawienie domyślne).
- MEAN – oblicza średnią wartość komórek w strefach rastra.
- MAJORITY – określa wartość, która występuje w komórkach stref rastra najczęściej.
- MAXIMUM – określa największą wartość komórek w strefach rastra.
- MEDIAN – określa medianę wartość komórek w strefach rastra.
- MINIMUM – określa najmniejszą wartość komórek w strefach rastra.
- MINORITY – określa wartość, która występuje w strefach rastra najrzadziej.
- RANGE – oblicza różnicę między największą i najmniejszą wartością komórek w strefach rastra.
- STD – oblicza odchylenie standardowe wartości komórek w strefach rastra.
- SUM – oblicza sumę wartości wszystkich komórek w strefach rastra.
- VARIETY – oblicza liczbę unikatowych wartości komórek w strefach rastra.
- MIN_MAX – obliczane są statystyki wartości minimalnych i maksymalnych.
- MEAN_STD – obliczane są średnie i odchylenia standardowe.
- MIN_MAX_MEAN – obliczane są statystyki wartości minimalnych, maksymalnych i średnie.

W wyniku działania narzędzia tworzona jest tabela nieprzestrzenna `M_NMT_Deniw` (Ryc. 3). Wśród jej atrybutów odnajdujemy `FID` – klucz będący identyfikatorem pól podstawowych oraz `RANGE` – atrybut z obliczonymi różnicami wysokości wyrażonymi w metrach.

	OBJECTID *	FID	COUNT	AREA	RANGE
1	1	0	10000	1000000	76,419983
2	2	1	10000	1000000	47,75
3	3	2	10000	1000000	57,670013
4	4	3	10000	1000000	75,309998
5	5	4	10000	1000000	67,47998
6	6	5	10000	1000000	99,01001
7	7	6	10000	1000000	111,220001
8	8	7	10000	1000000	96,959991
9	9	8	10000	1000000	73,779999
10	10	9	10000	1000000	95,480011
11	11	10	10000	1000000	33,070007
12	12	11	10000	1000000	39,839996
13	13	12	10000	1000000	50,01001
14	14	13	10000	1000000	56,190002

Ryc. 3. Fragment tabeli nieprzestrzennej M_NMT_Deniw z obliczonymi deniwelacjami terenu w obrębie kolejnych pól podstawowych siatki analitycznej

3. Kopiowanie wyników analizy do tabeli atrybutowej warstwy siatki analitycznej

Aby wykorzystać otrzymane wyniki należy tabelę nieprzestrzenną M_NMT_Deniw dołączyć do zbioru siatki pól podstawowych, w którym gromadzimy wszystkie obliczone kryteria analizy georóżnorodności (np. różnorodność). Kluczem połączenia będą atrybut FID siatki pól podstawowych oraz FID tabeli M_NMT_Deniw.

- 3.1. W tabeli atrybutowej warstwy siatki analitycznej różnorodność utwórz nowy atrybut MNMTDeniw, w którym dla poszczególnych pól podstawowych zdeponujemy obliczone różnice wysokości. W związku z tym, że wartości deniwelacji są liczbami rzeczywistymi, jako Data Type wybierz format liczb zmiennoprzecinkowych Float (Ryc. 4).

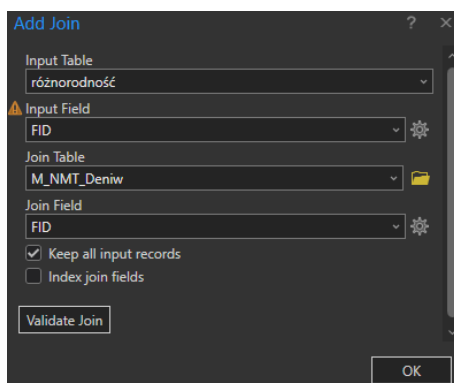
Visible	Read Only	Field Name	Alias	Data Type	Allow NULL	Highlight	Number Format	Default	Precision	Scale	Length
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FID	FID	Object ID	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Shape	Shape	Geometry	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Shape_Leng	Shape_Leng	Double	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Shape_Area	Shape_Area	Double	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GLitoLt	GLitoLt	Long	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			5	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GLitoLj	GLitoLj	Long	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			10	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GLitoSHDI	GLitoSHDI	Float	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HCpowD	HCpowD	Double	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GGeostLj	GGeostLj	Long	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			5	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GGeostLt	GGeostLt	Long	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			10	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MNMTDeniw		Float	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

Ryc. 4. Tabela definicji atrybutów warstwy różnorodność; ramką zaznaczono dodany atrybut MNMTDeniw

- 3.2. Zamknij tabelę definicji atrybutów warstwy różnorodność. Gdy pojawi się okno żądające potwierdzenia wprowadzonych zmian – kliknij przycisk **Save**.

Połączmy teraz ze sobą dwie tabele z danymi. Do tabeli atrybutowej warstwy różnorodność dołączymy tabelę nieprzestrzenną M_NMT_Deniw.

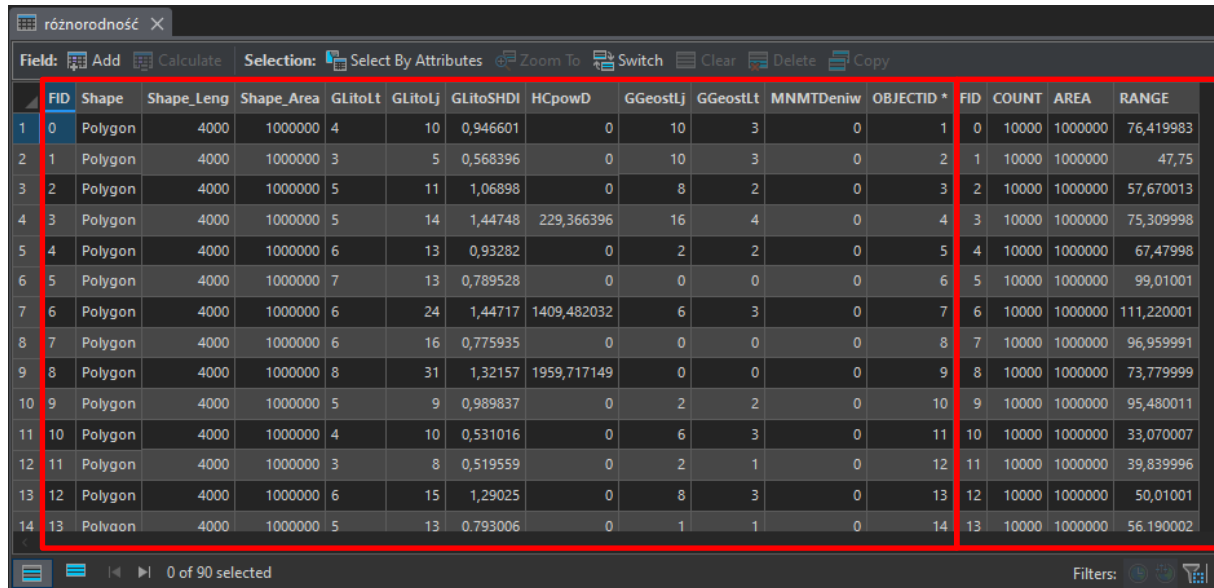
- 3.3. W panelu *Contents* kliknij ppm na warstwie siatki analitycznej różnorodność i z menu kontekstowego wybierz opcję *Joins and Relates (Dołączenia i relacje)*, a następnie opcję *Add Join (Dodaj połączenie)*.
- 3.4. W oknie dialogowym *Add Join*, z listy rozwijanej *Input Field* wybierz klucz podstawowy FID warstwy pól siatki analitycznej (Ryc. 5).
- 3.5. W polu *Join Table* definiującym tabelę, którą chcemy dołączyć do tabeli warstwy różnorodność wybierz M_NMT_Deniw.
- 3.6. Na koniec, w polu *Join Field (Pole dołączenia)* zdefiniuj atrybut dołączanej tabeli nieprzestrzennej, który przechowuje numery pól siatki analitycznej. U nas będzie to atrybut FID.



Ryc. 5. Okno dialogowe Add Join ze zdefiniowanym połączeniem tabeli atrybutowej poligonowej klasy siatki pól podstawowych różnorodność z tabelą nieprzestrzenną M_NMT_Deniw

3.7. Po wypełnieniu okna dialogowego naciśnij przycisk *OK*.

W wyniku działania narzędzia, do tabeli atrybutowej warstwy siatki pól podstawowych *różnorodność* została dołączona tabela nieprzestrzenna *M_NMT_deniw* (Ryc. 6). Klucze połączenia stanowiły atrybuty *FID* (z klasy *różnorodność*) oraz *FID* (z tabeli *M_NMT_deniw*).

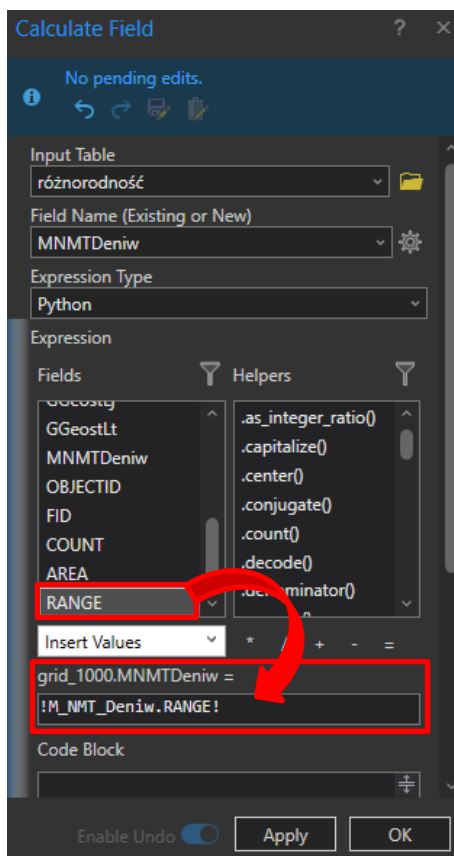


	FID	Shape	Shape_Leng	Shape_Area	GLitoLt	GLitoLj	GLitoSHDI	HCpowD	GGeostLj	GGeostLt	MNMTDeniw	OBJECTID *	FID	COUNT	AREA	RANGE
1	0	Polygon	4000	1000000	4	10	0,946601	0	10	3	0	1	0	10000	1000000	76,419983
2	1	Polygon	4000	1000000	3	5	0,568396	0	10	3	0	2	1	10000	1000000	47,75
3	2	Polygon	4000	1000000	5	11	1,06898	0	8	2	0	3	2	10000	1000000	57,670013
4	3	Polygon	4000	1000000	5	14	1,44748	229,366396	16	4	0	4	3	10000	1000000	75,309998
5	4	Polygon	4000	1000000	6	13	0,93282	0	2	2	0	5	4	10000	1000000	67,47998
6	5	Polygon	4000	1000000	7	13	0,789528	0	0	0	0	6	5	10000	1000000	99,01001
7	6	Polygon	4000	1000000	6	24	1,44717	1409,482032	6	3	0	7	6	10000	1000000	111,220001
8	7	Polygon	4000	1000000	6	16	0,775935	0	0	0	0	8	7	10000	1000000	96,959991
9	8	Polygon	4000	1000000	8	31	1,32157	1959,717149	0	0	0	9	8	10000	1000000	73,779999
10	9	Polygon	4000	1000000	5	9	0,989837	0	2	2	0	10	9	10000	1000000	95,480011
11	10	Polygon	4000	1000000	4	10	0,531016	0	6	3	0	11	10	10000	1000000	33,070007
12	11	Polygon	4000	1000000	3	8	0,519559	0	2	1	0	12	11	10000	1000000	39,839996
13	12	Polygon	4000	1000000	6	15	1,29025	0	8	3	0	13	12	10000	1000000	50,01001
14	13	Polygon	4000	1000000	5	13	0,793006	0	1	1	0	14	13	10000	1000000	56,190002

Ryc. 6. Tabela atrybutowa warstwy *różnorodność* (lewa ramka) z dołączoną tabelą nieprzestrzenną *M_NMT_Deniw* (prawa ramka)

Do utworzonego wcześniej atrybutu *MNMTDeniw* skopiujemy teraz obliczone wartości deniwelacji z tabeli nieprzestrzennej *M_NMT_Deniw*.

- 3.8. Jeśli to konieczne, na wstążce aplikacji, na karcie *Edit*, w grupie *Menage Edits* kliknij polecenie *Edit* uruchamiające tryb edycji.
- 3.9. W tabeli atrybutowej warstwy *różnorodność* kliknij ppm na nagłówku pola *MNMTDeniw* i z menu kontekstowego wybierz polecenie *Calculate Field* (*Oblicz Pole*).
- 3.10. W oknie dialogowym *Calculate Field*, z listy *Fields* (*Pola*) zawierającej dostępne atrybuty, szybkim, dwukrotnym kliknięciem wybierz atrybut *RANGE* (Ryc. 7).



Ryc. 7. Okno dialogowe *Calculate Field* przypisujące dane z atrybutu `M_NMT_Deniw.RANGE` do atrybutu `grid_1000.MNMTDeniw`

W polu `grid_1000.MNMTDeniw =` pojawi się formuła `!M_NMT_Deniw.RANGE!` przypisująca atrybutowi `MNMTDeniw` pliku shapefile `grid_1000` wartości atrybutu `RANGE` tabeli nieprzestrzennej `M_NMT_Deniw`.

3.11. Aby uruchomić kalkulator pola kliknij przycisk **OK**.

W wyniku działania narzędzia wartości atrybutu `M_NMT_Deniw.RANGE` zostają skopiowane do atrybutu `grid_1000.MNMTDeniw` (**Ryc. 8**).

różnorodność

Field:

Add

Calculate

Selection:

Select By Attributes

Zoom To

Switch

Clear

Delete

Copy

FID	Shape	Shape_Leng	Shape_Area	GLitoLt	GLitoLj	GLitoSHDI	HCpowD	GGeostLj	GGeostLt	MNMTDeniw	OBJECTID *	FID	COUNT	AREA	RANGE	
1	0	Polygon	4000	1000000	4	10	0,946601	0	10	3	76,41998	1	0	10000	1000000	76,419983
2	1	Polygon	4000	1000000	3	5	0,568396	0	10	3	47,75	2	1	10000	1000000	47,75
3	2	Polygon	4000	1000000	5	11	1,06898	0	8	2	57,67001	3	2	10000	1000000	57,670013
4	3	Polygon	4000	1000000	5	14	1,44748	229,366396	16	4	75,31	4	3	10000	1000000	75,309998
5	4	Polygon	4000	1000000	6	13	0,93282	0	2	2	67,47998	5	4	10000	1000000	67,47998
6	5	Polygon	4000	1000000	7	13	0,789528	0	0	0	99,01001	6	5	10000	1000000	99,01001
7	6	Polygon	4000	1000000	6	24	1,44717	1409,482032	6	3	111,22	7	6	10000	1000000	111,220001
8	7	Polygon	4000	1000000	6	16	0,775935	0	0	0	96,95999	8	7	10000	1000000	96,959991
9	8	Polygon	4000	1000000	8	31	1,32157	1959,717149	0	0	73,78	9	8	10000	1000000	73,779999
10	9	Polygon	4000	1000000	5	9	0,989837	0	2	2	95,48001	10	9	10000	1000000	95,480011
11	10	Polygon	4000	1000000	4	10	0,531016	0	6	3	33,07001	11	10	10000	1000000	33,070007
12	11	Polygon	4000	1000000	3	8	0,519559	0	2	1	39,84	12	11	10000	1000000	39,839996

Ryc. 8. Tabela atrybutowa warstwy siatki pól podstawowych różnorodność ze skopiowanymi wartościami atrybutu M_NMT_Deniw.RANGE do atrybutu MNMTDeniw

- 3.12. Na wstążce aplikacji, na karcie *Edit*, w grupie *Menage Edits* kliknij polecenie *Save* zachowujące zmiany w zmodyfikowanej tabeli bazy danych.
- 3.13. Jeśli wcześniej uruchomiłeś tryb edycji – teraz wyjdź z niego.
- 3.14. Odłącz tabelę nieprzestrzenną M_NMT_Deniw od tabeli atrybutowej warstwy różnorodność. Robimy to klikając w panelu *Contents* ppm na warstwie różnorodność i wybierając z menu kontekstowego polecenie *Joins and Relates > Remove All Joins*. W otwartym oknie dialogowym potwierdź chęć odłączenia tabeli nieprzestrzennej.
- 3.15. Zamknij tabelę atrybutową warstwy różnorodność.





Teraz zajmiemy się utworzeniem kartogramu kryterium georóżnorodności opartego o deniwelację terenu.

- 3.16. Przejdź do właściwości warstwy różnorodność i w oparciu o bonitację zamieszczoną w **Tab. 1** zasymbolizuj mapę końcową.

Tab. 1. Klasyfikacja, bonitacja punktowa i ocena deniwelacji terenu

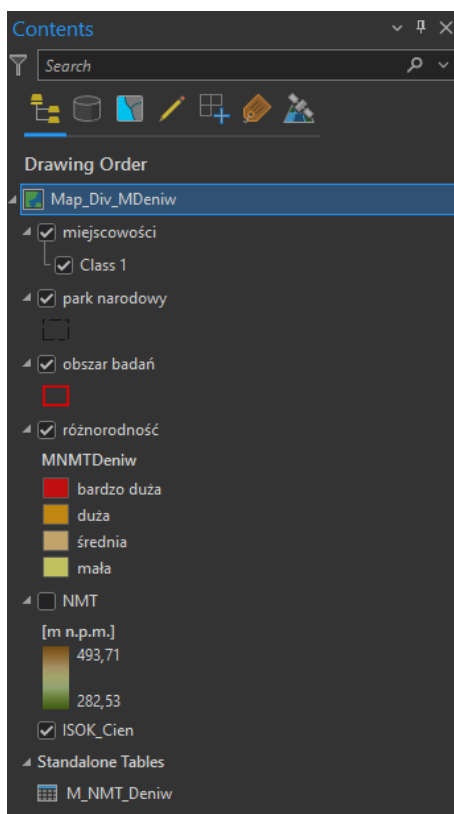
Deniwelacja (ΔZ [m])	Bonitacja punktowa	Ocena różnorodności
(112,5-151,0>	5	bardzo duża
(72,0-112,5>	4	duża
(37,5-72,0>	3	średnia
(0-37,5>	2	mała
0	1	brak

- 3.17. Korzystając z symboli klas bonitacyjnych zdefiniowanych w pliku stylu OPN.stylex zasymbolizuj pola podstawowe kartogramu (**Ryc. 9**).

Classes		
Symbol	Upper value	Label
	≤ 151	bardzo duża
	≤ 112,5	duża
	≤ 72	średnia
	≤ 37,5	mała

Ryc. 9. Klasyfikacja, symbolizacja i etykiety kategorii kryterium MNMTDeniw

- 3.18. W panelu *Contents* przesunij hierarchię warstwę różnorodność tuż ponad warstwę NMT.
- 3.19. Warstwie różnorodność nadaj przezroczystość 30%.
- 3.20. W panelu *Contents* wyłącz widoczność warstwy NMT (Ryc. 10).

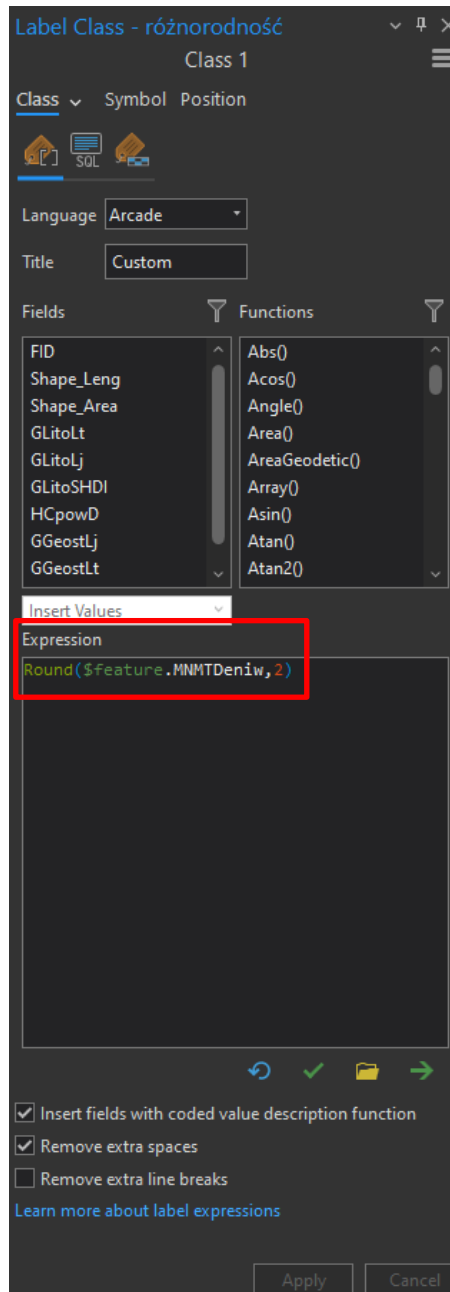


Ryc. 10. Panel *Contents* z warstwami mapy Map_Div_MDeniw

- 3.21. Za pomocą etykiet wyświetl w polach siatki podstawowej obliczone deniwelacje (atrybut MNMTDeniw).

Obliczone deniwelacje zawierają wiele miejsc po przecinku. Powinniśmy ograniczyć wyświetlane liczby atrybutu MNMTDeniw do maksymalnie dwóch miejsc po przecinku.

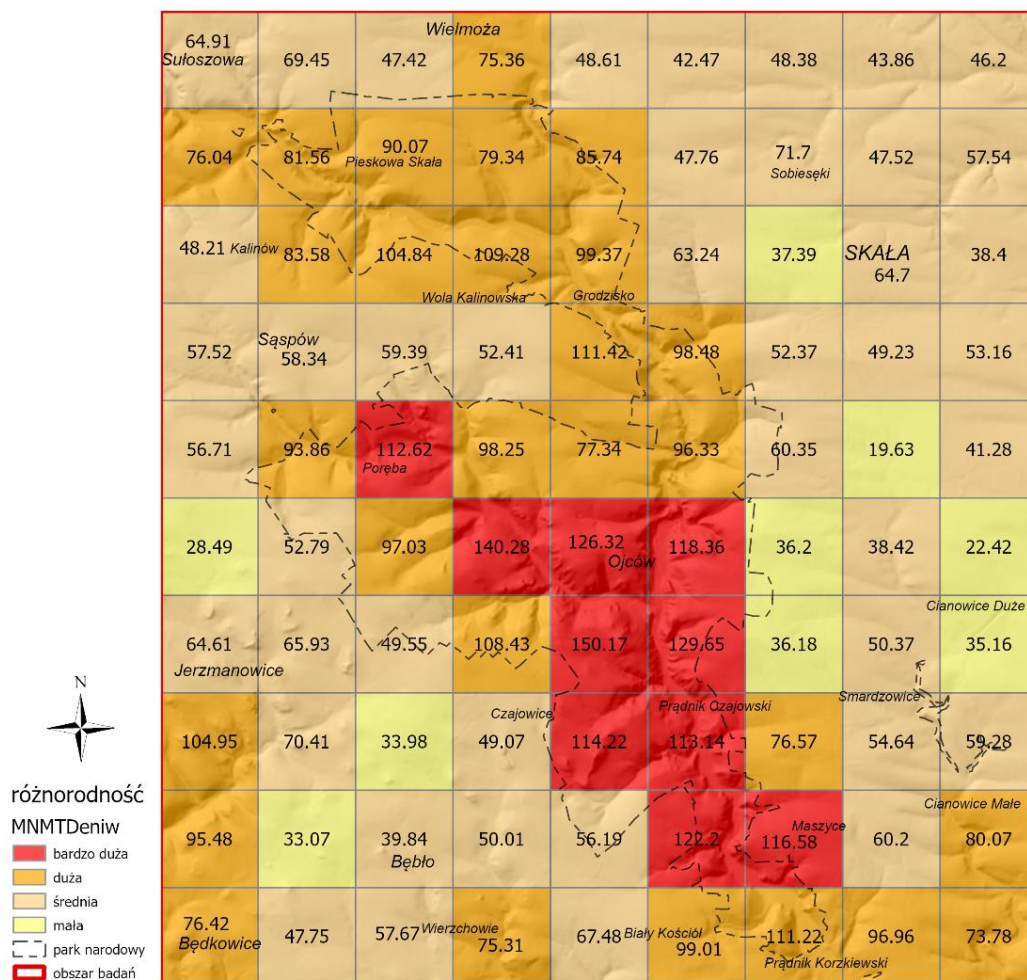
- 3.22. Na karcie *Labeling*, w grupie *Label Class* kliknij przycisk *Expression*. Aby ograniczyć liczbę miejsc po przecinku wyświetlanych etykiet zbuduj wyrażenie zgodne z Ryc. 11.



Ryc. 11. Okno dialogowe *Label Class* z wyrażeniem ograniczającym w etykietach MNMTDeniw liczbę miejsc po przecinku do dwóch

- 3.23. Kliknij przycisk *Apply*.
- 3.24. Utwórz nowy układ o nazwie `Layout_Div_MNMTDeniw`. Rozmiary układu niech wynoszą: 160 × 154 mm.
- 3.25. Dodaj do układu ramkę mapy `Map_Div_MDeniw`, strzałkę północy oraz legendę.
- 3.26. Rozmiary ramki mapy zmień na: 140 × 150 mm, a współrzędne lewego górnego naroża ramki mapy na: X = 20 mm; Y = 150 mm.
- 3.27. Zmień skalę mapy na 1:68 000.
- 3.28. Usuń czarną ramkę mapy.
- 3.29. Dokonaj niezbędnych korekt estetycznych wyglądu układu.

Ryc. 12 przedstawia cząstkową różnorodność morfologiczną, która została obliczona na podstawie kryterium lokalnych różnic wysokości.



Ryc. 12. Różnorodność morfologiczna na podstawie różnic wysokości w polach podstawowych