

Import numerycznego modelu terenu do Walls

Jacek Szczygieł, Mateusz Golicz

Metody komputerowe w opracowywaniu danych kartograficznych jaskiń używane są nie od wczoraj. Każdy, kto choć raz liczył „na piechotę” współrzędne dla kolejnych punktów ciągu poligonalnego jaskini, docenia moc oprogramowania dla kartografów jaskiniowych. Ciągi poligonalne służą wykreśleniu planów jaskiń. Mogą być również przydatne do celów eksploracyjnych. Ich odpowiednia analiza (ograniczmy się tu do analizy wizualnej) pozwala na określenie pewnych prawidłowości, na ogół związanych ze strukturą geologiczną oraz morfologią terenu. Rozpoznanie tych prawidłowości lub ich braku może nam wskazać potencjalne dalsze przejścia w pozornie chaotycznej sieci korytarzy. Jednym z nieocenionych elementów takiej analizy jest „podczepienie” ciągu poligonalnego jaskini pod model terenu i wizualizacja zintegrowanych danych w 3D.

Czym jest Numeryczny Model Terenu (NMT), znany również jako DEM (ang. *Digital Elevation Model*). To numeryczna, dyskretna (punktowa) reprezentacja wysokości topograficznej powierzchni terenu wraz z algorytmem interpolacyjnym umożliwiającym odtworzenie jej kształtu w określonym obszarze (KP2000, NMC2007). Dzięki oprogramowaniu GIS (ang. *Geographic Information System – System Informacji Geograficznej*) jesteście w stanie zarządzać nie tylko NMT, ale również cały katalogiem map danego regionu oraz wykonywać szereg analiz, ale to temat na inny artykuł.

Spośród całej gamy programów do zarządzania danymi kartograficznymi jaskiń w naszym kraju najszerzej przyjętą się Walls, darmowy program stworzony przez Texas Speleological Survey, dostępny na witrynie TSS. Oprogramowanie to nie przewiduje jednak importu NMT, co daje się obejść opisywaną w niniejszym artykule metodą. Metoda ta zakłada dodanie do obrabianego zbioru danych pomiarowych dodatkowej, nie istniejącej w rzeczywistości jaskini, do której jako ciągu poligonowe wprowadzane są równoleżniki i południki siatki NMT lub wyeksportowane z NMT poziomicie.

Celowo pominieliśmy opis podstawowych operacji w Walls, jak i w oprogramowaniu GIS, zakładając, że osoby zainteresowane poniższą metodą, i posiadające potrzebne dane, są z tego typu programami zaznajomione.

Warto zauważyć, że opisana tutaj metoda z niewielkimi modyfikacjami

może znaleźć zastosowanie również do wprowadzenia modelu terenu do konkurencyjnego wobec Walls-a pakietu Survox.

Pozyskanie danych NMT

Samodzielne zgromadzenie danych w terenie do modelu NMT jest praktycznie niemożliwe w naszych hobbystycznych warunkach. Mamy jednak przynajmniej trzy możliwe drogi pozyskania takich danych z gotowych źródeł czy półproduktów. Po pierwsze, w krajach europejskich, lokalne władze geodezyjne często dysponują modelami wysokiej jakości (rozdzielczości poziomej). Zazwyczaj takie modele udostępniane są jednak za opłatą (przykładowo: dla Austrii – *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen – BEV*).

Tańszą alternatywą jest skorzystanie z ogólnodostępnych danych. Zasadniczo pochodzą one z dwóch misji kosmicznych przeprowadzonych przez NASA: SRTM (ang. *Shuttle Radar Topographic Mission*, 2000 rok) oraz ASTER (ang. *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*, 2009 r.). Podczas tych misji zgromadzono dane NMT dla 99% powierzchni kontynentów, które zostały następnie udostępnione publicznie. Podstawową wadą tych danych jest niska rozdzielczość pozioma, w zakresie od 30 (dla niektórych obszarów) do 90 m. Dodatkowo w niektórych obszarach występują dziury (problem znany w angielskojęzycznej sieci jako *STRM voids*), tj. luki w danych obejmujące pojedyncze punkty lub wręcz całe obszary. Godny polecenia w zakresie darmowych danych jest projekt Jonathana de Ferranti, który pieczołowicie obrabia dane z NASA, uzupełniając luki wszelkimi możliwymi do pozyskania dodatkowymi danymi, a następnie udostępnia je na swojej stronie WWW. Jonathan przygotował m.in. dane o rozdzielczości poziomej 30 m dla całego obszaru Alp.

Ostatnią możliwością jest interpolowanie modelu NMT z warstwicy mapy topograficznej. Jest to bardzo pracochłonna operacja, ale możliwa do przeprowadzenia i w zasadzie konieczna w przypadku egzotycznych rejonów. Kartografowie wojskowi ze Związku Radzieckiego sporządzili mapy 1:50 000 ... 1:500 000 sporej części kuli ziemskiej, których status prawnoautorski jest wprawdzie niejasny, ale które są dostępne do pobrania w Internecie. Mapy te stanowią niezłe źródło dla modeli NMT,

choć uzyskany za ich pomocą model nigdy nie będzie tak precyzyjny, jak skany satelitarne (NASA) czy lotnicze (lokalne urzędy geodezyjne).

W zarysie sama procedura tworzenia modelu NMT na podstawie mapy topograficznej przebiega w trzech krokach. Najpierw konieczne jest wyodrębnienie z posiadanej mapy samych tylko warstwicy, przypisanie każdej warstwicy wysokości oraz konwersja warstwicy do wektorów (np. za pomocą komercyjnego oprogramowania R2V). Dopiero wektorowo zapisane i adnotowane wysokości warstwicy można wykorzystać jako dane źródłowe dla programu do interpolacji. W tym zakresie dobrą sławą cieszy się darmowy BLACKART. Ostatnim krokiem jest odpowiednie przeskalowanie i skalibrowanie mapy tak, aby skala interpolowanego modelu była precyzyjnie znana, a jego północ pokrywała się faktycznie z północą topograficzną. Warto odnotować, że interpolację warstwicy do NMT można pominąć i poprzestać na wczytaniu do Wallsa samych wektorowo zapisanych warstwicy – patrz rozdział *Import modelu poziomicowego*.

Import siatki topograficznej

Opisywana poniżej sekwencja operacji ma na celu przekształcenie tekstowego pliku zawierającego informacje NMT bezpośrednio do pliku Walls z danymi pomiarowymi, symulującego wspomnianą wirtualną jaskinię.

Krok 1 – Eksport modelu NMT do pliku tekstowego. Wybrany fragment numerycznego modelu terenu (NMT) należy przekonwertować, przy pomocy programu typu GIS, do formatu tekstowego. Pośród dostępnych opcji eksportu należy poszukać takiej, która w efekcie utworzy plik zawierający w każdej linii opis jednego skrzyżowania siatki topograficznej w postaci trzech liczb: dwóch współrzędnych topograficznych UTM oraz wysokości nad poziomem morza.

Do przeprowadzenia tej konwersji możemy polecić dobry, choć drogi program Global Mapper (nazwa pożądanego formatu w Global Mapperze to *Processed Data - .xyz*).

Alternatywnie identyczny efekt można otrzymać dwu etapową konwersją za pomocą darmowych narzędzi – 3DEM (konwersja posiadanego NMT do siatki UTM, jeśli potrzebna) oraz DM2XWIN (konwersja DEM UTM do danych tekstowych). ▷

Krok 2 – Przygotowanie do obróbki w arkuszu kalkulacyjnym. Otrzymany w Kroku 1 plik otwieramy w arkuszu kalkulacyjnym. Nadają się do tego zarówno Microsoft Excel, jak i Open Office Calc. W zależności od używanego programu i jego wersji, przed wykonaniem tej operacji może być konieczna zmiana rozszerzenia pliku z danymi na .csv oraz zamiana (np. za pomocą programu WordPad) kropek na przecinki – lub odwrotnie. Istotne jest, aby opcje importu do arkusza kalkulacyjnego dobrać tak, aby każdy z rodzajów współrzędnych stanowił oddzielną kolumnę i został rozpoznany prawidłowo jako liczba (a nie tekst).

Krok 3 – Sortowanie danych. Upewniamy się, że współrzędne W-E znajdują się w kolumnie A, zaś współrzędne N-S w kolumnie B. Ponadto, sprawdzamy, czy zaimportowane dane są posortowane w kolejności rosnących współrzędnych W-E (kolumna A), a następnie, w ramach tej samej współrzędnej W-E, w kolejności rosnących współrzędnych N-S (kolumna B). Ewentualne rozbieżności korygujemy za pomocą opcji kopiowania/wklejania w arkuszu kalkulacyjnym.

Krok 4 – Rozpoczynamy przygotowywanie cięgu pomiarowego symulowanej jaskini. W pierwsze wolne kolumny (powinny to być kolumny E i F) wprowadzamy numerację, jak przy kartowaniu jaskini. Wystarczy pierwsze trzy wiersze, tj.:

| E | F |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 2 |
| 2 | 3 |

Krok 5 – Zamieniamy współrzędne bezwzględne modelu NMT na przyrosty. Innymi słowy, dokonujemy operacji odwrotnej do tej, którą zwyczajowo wykonujemy pod koniec obróbki danych pomiarowych w jaskini. Pozornie ma to niewielki sens, ale przypomnijmy, że naszym celem jest uzyskanie pliku z danymi pomiarowymi „sztucznej” jaskini, po którego przeliczeniu Walls ma otrzymać nasz model NMT.

Zamianę na przyrosty dokonujemy wprowadzając następujące formuły do

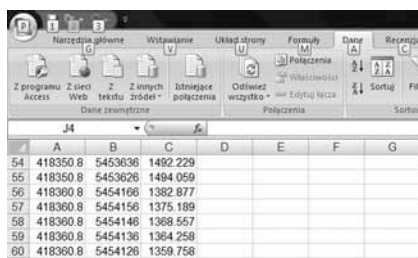
kolejnych komórek (G, H, I, J). Formuły wprowadzamy w wierszach 2 i 3.

[Patrz Tab. A]

Ostatnia z zaproponowanych formuł, za pomocą operacji reszty z dzielenia (modulo), ma na celu wyznaczenie wierszy rozpoczynających nowy równoleżnik (tj. wierszy, w których zmienia się współrzędna W-E). Te wiersze staną się bowiem wirtualnymi „otworami” jaskini.

Otworów „stworzymy” tyle, ile równoleżników, a każdy równoleżnik przekształcimy w ciąg pomiarowy rozpoczynający się od stosownego „otworu”.

W miejscu XX wpisujemy ilość punktów w ramach jednego równoleżnika. Wartość ta zależy od wielkości wyeksportowanego z modelu NMT obszaru. Można ją znaleźć, sprawdzając po prostu numer ostatniego wiersza z pierwszego równoleżnika, tj. posiadającego tę samą współrzędną W-E co wiersz pierwszy.



△ Rys. 1. Sprawdzanie ilości punktów w ramach jednego równoleżnika. W przykładzie na rysunku mamy do czynienia z równoleżnikami składającymi się z 55 punktów (XX = 55)

Krok 6 – Skopiowanie formuły do całego arkusza. W komórce J1 wpisujemy 0, a następnie „przeciągamy” formuły w komórkach E... J do całego arkusza. Naszym celem jest, aby numeracja w kolumnach E i F kontynuowała się do ostatniego wiersza danych, zaś formuły z kolumn G – J skopiowały się adekwatnie w każdym wierszu z danymi.

Krok 7 – Zamiana formuły na wartości. Zaznaczamy kolumny E-J, kopiujemy, a następnie wklejamy w to samo miejsce, ale używając funkcji arkusza Wklej wartości zamiast zwykłego Wklej.

Krok 8 – Odnalezienie wierszy, które mają si sta „sztucznymi otworami”. Sortujemy (Dane/Sortuj) cały arkusz po kolumnie J (funkcja MOD), od

wartości najmniejszych do największych. Dzięki tej operacji wszystkie wiersze, którym w kolumnie J przypisane jest '0', znajdują się na górze tabeli.



△ Rys. 2. Sortowanie w celu wyizolowania „sztucznych otworów”

Krok 9 – Ustalenie bezwzględnej pozycji wszystkich „sztucznych otworów”. W pierwszych dwóch wierszach wprowadzamy następujące formuły (F pozostaje bez zmian):

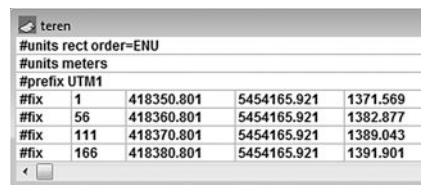
[Patrz Tab. B]

Następnie „przeciągamy” (kopujemy) formuły na wszystkie wiersze (gdzie J = 0). Osobno należy skopiować/przeciągnąć kolumnę E, zaś osobno kolumny G-I.

Krok 10 – Skopiowanie pozycji „otworów” i sfabrykowania danych „pomiarowych” do programu Walls. Tworzymy w Walls nowy plik .SRV (dane pomiarowe) i kopiujemy do niego kolumny E-I z wszystkich wierszy. W nagłówku pliku .SRV (przed skopiowanymi danymi) wpisujemy poniższe rozkazy:

```
#units rect order=ENU
#units meters
#prefix UTM1
```

Najistotniejszy z nich jest rozkaz #units rect, powodujący, że Walls przyjmuje w pliku pomiarowym bezpośrednio przyrosty na poszczególnych współrzędnych, zamiast danych katowych i długości odcinka pomiarowego.



△ Rys. 3. Plik danych pomiarowych Walls'a zawierający definicję „wirtualnej jaskini” z równoleżnikami modelu NMT

Nowo utworzony plik zapisujemy i kompilujemy. W efekcie powinniśmy

| [Tab. A] | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----------|----------|---------|----------|---|---|---|--------|--------|--------|-------------|
| 2 | 418350.8 | 5454166 | 1371.569 | | 1 | 2 | =A2-A1 | =B2-B1 | =C2-C1 | =MOD(E2,XX) |
| 3 | 418350.8 | 5454156 | 1367.876 | | 2 | 3 | =A3-A2 | =B3-B2 | =C3-C2 | =MOD(E3,XX) |

| [Tab. B] | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----------|----------|---------|----------|---|------|---|-----|-----|-----|
| 2 | 418350.8 | 5454166 | 1371.569 | | #fix | 1 | =A1 | =B1 | =C1 |
| 3 | 418350.8 | 5454156 | 1367.876 | | #fix | 2 | =A2 | =B2 | =C2 |