

Piotr KUJAWSKI
Wyższy Urząd Górniczy, Katowice
Marian PONIEWIERA
Politechnika Śląska, Gliwice

BUDOWA NUMERYCZNEGO MODELU TERENU DLA CELÓW ZWIĄZANYCH Z OBLICZENIEM OBJĘTOŚCI

Streszczenie. W artykule omówiono pewne praktyczne zagadnienia związane z obliczeniem objętości zbiorników wodnych, nasypów i hałd; podano najważniejsze algorytmy i przedstawiono program wykonujący te zadanie w środowisku AutoCAD.

MAKING DIGITAL TERRAIN MODEL FOR PURPOSES OF CALCULATING VOLUMES

Summary. This paper discusses the problem of calculating volume of reservoirs, embankments and slag heaps; it presents both the most important algorithms and the program performing this task in AutoCAD environment.

Warunkiem koniecznym poprawnego obliczania objętości jest utworzenie numerycznego modelu możliwie wiernie odwzorowującego dany obiekt.

Typowa technologia określenia objętości przedstawia się następująco:

1. Wykonuje się geodezyjne pomiary metodą punktów rozproszonych. Wynikiem pomiaru jest plik tekstowy zawierający współrzędne punktów.
2. Za pomocą odpowiedniego polecenia wczytuje się te punkty do systemu.

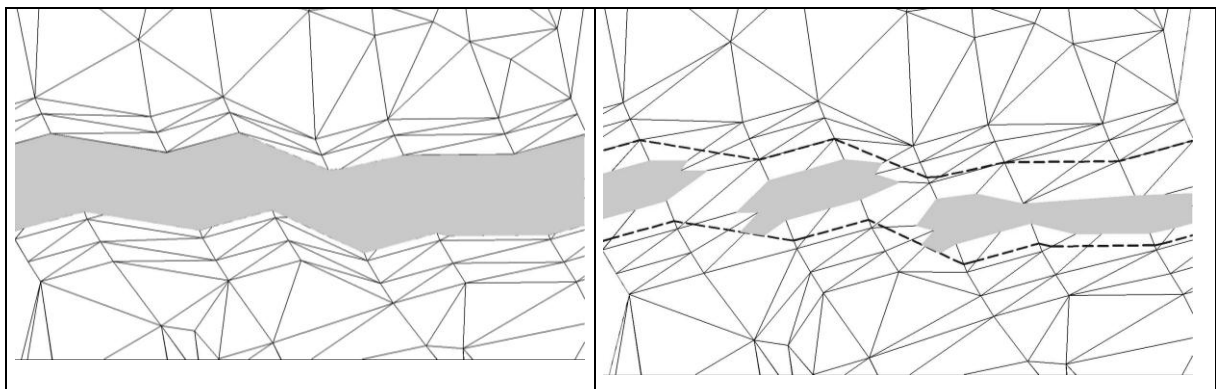
Program komputerowy podaje natychmiast objętość obiektu, w praktyce jednak nie należy przyjmować jej za ostateczną. Kolejne etapy prac zostały przedstawione poniżej.

1. Wybór programu i metody obliczeń.

Jak wynika z pracy [2], większość popularnych programów daje zbliżone wyniki obliczeń. Pamiętać należy jedynie o tym, aby stosować metody wykorzystujące do obliczeń siatkę trójkątów a nie kwadratów (wierzchołki siatki trójkątów są oparte na punktach z pomiaru a naroża siatki kwadratów są interpolowane). Maksymalny błąd wynikający z interpolacji siatki na testowanych, rzeczywistych obiektach wyniósł prawie 50%. Z metody interpolujących powierzchnię terenu można korzystać pod warunkiem wprowadzenia wszystkich linii nieciągłości, co z reguły jest znacznie bardziej pracochłonne niż w przypadku siatek trójkątów.

2. Wprowadzenie linii nieciągłości.

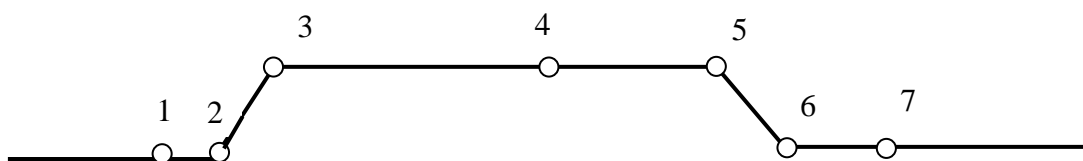
Na podstawie samych punktów nie da się poprawnie odtworzyć powierzchni terenu. Należy dodatkowo uwzględnić takie czynniki, jak: linie nieciągłości, zakres opracowania, oraz poziom odniesienia.



Rys. 1. Na prawym rysunku, przy braku linii nieciągłości (np. krawędzi wałów lub dna potoku), zamiast rzeki otrzymamy serię jezior. Boki trójkątów wygenerowanych automatycznie przecinają krawędzie skarp. Należy wprowadzić linię nieciągłości lub ręcznie zmodyfikować siatkę trójkątów

Fig. 1 It is necessary to enter breaklines.

W rejonie zagospodarowanym przez człowieka ukształtowanie terenu można określić jako naprzemienne występowanie powierzchni i skarp.



Rys.2 Teoretyczny przekrój terenu definiowany przez szereg charakterystycznych punktów.

Fig 2 The lay of the land.

Podstawowym błędem, w konsekwencji którego otrzymuje się znacznie zaniżoną objętość, jest dopuszczenie aby komputer w sposób automatyczny utworzył model terenu w oparciu o nowe punkty, interpolowane na podstawie wszystkich punktów bezpośredniego otoczenia. W tym przypadku, dla jego uniknięcia, należy wprowadzić 4 linie nieciągłości, w punktach 2, 3, 5, 6 (krawędzie skarp – na tym rysunku rzut linii pokrywa się z punktem). Dzięki temu powierzchnia między punktami 1 i 2 będzie interpolowana tylko na podstawie tych dwóch punktów; powierzchnia między punktami 3 i 5 będzie tworzona tylko na podstawie punktów 3, 4 i 5; itd.

3. Zdefiniowanie poziomu odniesienia

Jedną powierzchnię stanowi utworzona siatka trójkątów, drugą – wybrana powierzchnia odniesienia. Przy obliczaniu objętości zwałowisk czy składowisk, szczególnie zlokalizowanych na powierzchni terenu o zróżnicowanym kształcie i mających znacznie rozbudowaną, rozległą podstawę, nie powinno się traktować powierzchni odniesienia jako płaszczyzny (np. średniej wysokości punktów obwodowych). W skrajnym również przypadku, przy nachylnym terenie i niewielkiej objętości obiektu, błąd obliczeń może wielokrotnie przekroczyć wartość objętości. Należy zatem wprowadzić drugą powierzchnię. Jeżeli mamy mapy sprzed budowy obiektu to możemy je wykorzystać. Z tym, że należy pamiętać o możliwych deformacjach terenu i sprawdzić różnicę na wspólnych punktach. Drugą możliwością jest utworzenie powierzchni na podstawie punktów leżących na obrysie nasypu. Ostateczną objętość otrzymamy z różnicy wyników otrzymanych przy obliczeniach obydwu powierzchni.

4. Zdefiniowanie zakresu opracowania

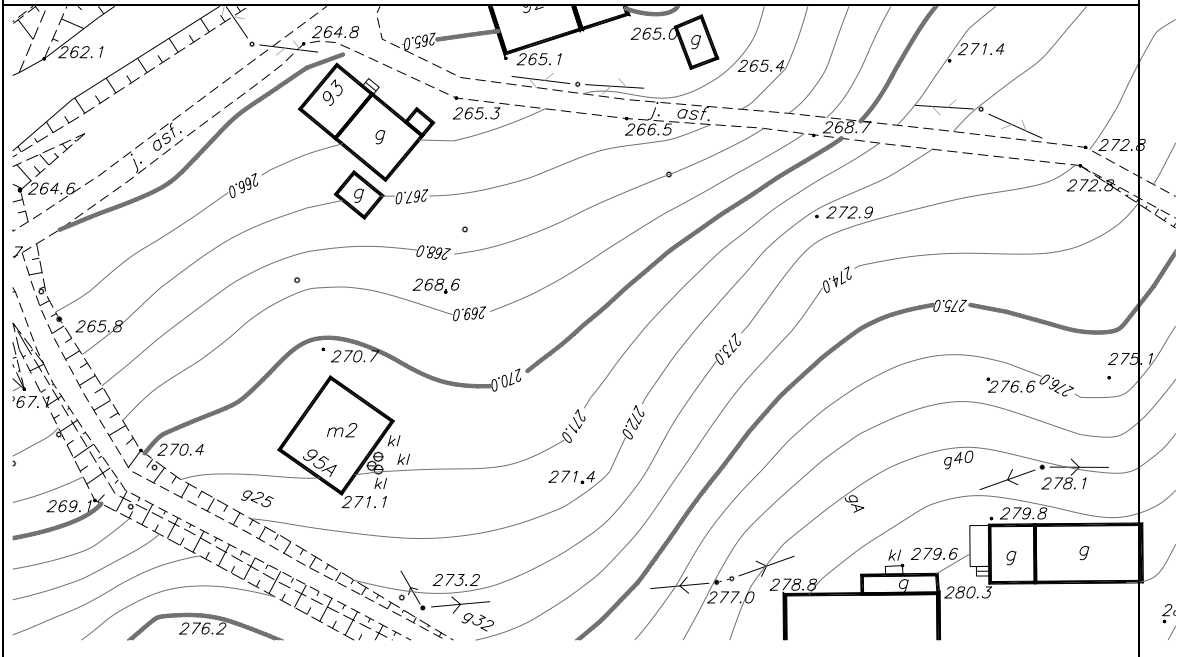
Programy komputerowe same definiują zakres (znajdują punkty obwodowe), niemniej trzeba sprawdzić poprawność jego przebiegu

5. Kontrola rzędnych wprowadzonych punktów

W pierwszej kolejności powinniśmy wyeliminować grube błędy pomiaru. W tym celu sprawdzamy kilka najwyższych i najniższych punktów. Należy również przejrzeć sąsiadujące punkty, których różnica wysokości jest większa od zadanej. Następnie należy wygenerować warstwiec. Na podstawie ich przebiegu łatwo jest wysledzić punkty błędne (patrz Rys.3.) W szczególności zwrócić należy uwagę na przebieg warstwic w pobliżu skarp, wąwozów i innych linii nieciągłości terenu.

Główne cechy programu systemu GEOLISP [1] do interpolacji warstwic

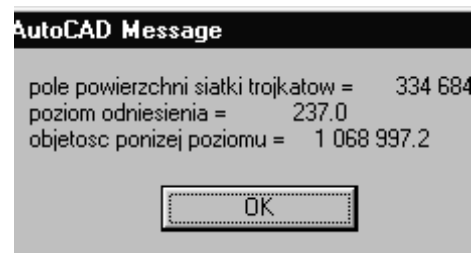
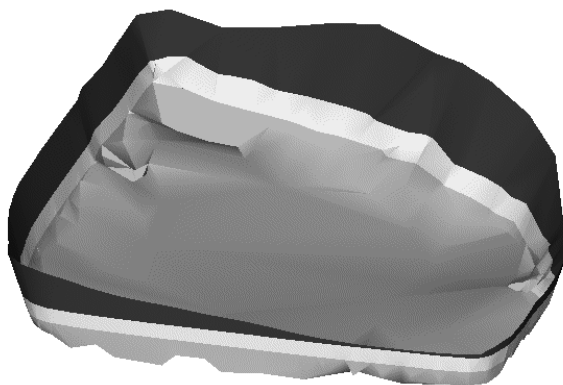
- ⇒ interpoluje warstwice na podstawie dowolnie rozmieszczonych pikiet
- ⇒ uwzględnia linie nieciągłości – skarpy, rowy itp.
- ⇒ ukrywa warstwice pod budynkami, skarpami, drogami
- ⇒ opisy warstwic są umieszczane tak, aby nie pokrywały się z innymi elementami
- ⇒ zaznacza błędne miejsca (o zbyt dużej różnicy wysokości)



Rys. 3. Przykład działania programu do interpolacji warstwic

Fig. 3. Contour map.

Po wygenerowaniu siatki trójkątów odwzorowującej teren przechodzimy do widoku przestrzennego, gdzie łatwo jest dostrzec grubą błąd w wysokości obiektu → patrz rys.4.



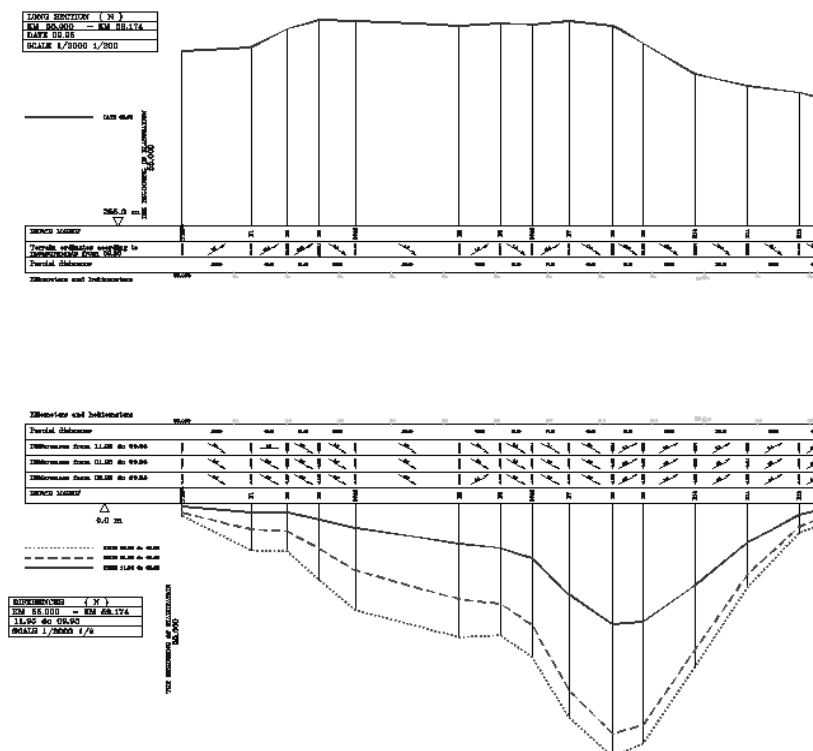
Rys. 4. Na rysunku w rzucie trójwymiarowym łatwo jest dostrzec grubą błąd rzędnych wysokości.

Fig. 4 Wireframe.

6. Obliczenie objętości

W systemie autorstwa Mariana Poniewiera [1] można obliczyć objętość metodą siatki trójkątów na podstawie istniejących warstw lub metodą przekrojów (patrz Rys.5).

Obliczenia można przeprowadzić poprzez sumę graniastosłupów, wykorzystując wielomiany lub ruchomą płaszczyznę aproksymacyjną.



Rys.5. Obliczenie objętości metodą przekrojów
Fig. 5. Use of cross-section method in volume calculating.

Wersje edukacyjne programów wykonujących omawiane zagadnienia, wraz z dokumentacją, znajdują się na stronie internetowej <http://rg6.gorn.polsl.gliwice.pl/~Poniewiera>.

Podsumowanie

Zakres prac wykonywanych przez służby mierniczo-geologiczne związanych z analizą ukształtowania terenu, jest dość szeroki. Ponadto szereg czynności przez nie realizowanych, a nie wymienionych literalnie w przepisach, wynika z potrzeb ruchowych i stanowi między innymi podstawę do planowania inwestycji (np. w zakresie przeciwpowodziowego zabezpieczenia terenu, projektowania składowisk i zwałowisk itp.) Obecnie, w dobie znacznego postępu w dziedzinie informatyzacji, służby te zostały wyposażone w nowoczesny

sprzęt pomiarowy i obliczeniowy. Przedstawiony w niniejszym artykule system tworzenia i obsługi kopalnianych map numerycznych GEOLISP w pełni umożliwia zrealizowanie powyższych zadań.

LITERATURA

1. Poniewiera M.: System tworzenia i obsługi kopalnianych map numerycznych GEOLISP, Katowice 2004.
2. Ziolo M.: Optymalizacja pomiaru i obliczeń objętości zwałów węgla na przykładzie KWK „Sośnica”, praca dyplomowa magisterska wykonana w Zakładzie Geodezji i Ochrony Terenów Górniczych Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Gliwice 2004.
3. Geodezja inżynierska, praca zbiorowa, tom II. Polskie Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. Eugeniusza Romera S.A., Warszawa 1994.
4. Geodezja inżyniersko-przemysłowa, wykłady część II, wydanie trzecie. Skrypty uczelniane 1253, Wydawnictwo AGH, Kraków 1991
5. Poradnik górnika: tom II, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1972.
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 czerwca 2002 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej (Dz. U. z 2002 r. Nr 92, poz. 819).

Recenzent: dr Piotr Trzcionka

Abstract

The present paper focuses on the technology of calculating volume of reservoirs, embankments and slag heaps. Volume calculations are performed on solids defined by an upper and lower surface. Volume error is reduced when the second surface is not a plane. It is necessary to enter breaklines, which are lines acting as a barrier to information flow when calculating. The paper discusses author's own program performing this task in AutoCAD environment.