

Ireneusz Ewiak

FILTRACJA NMT OBSZARÓW ZURBANIZOWANYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono metodę filtracji Numerycznego Modelu Terenu dla obszarów zurbanizowanych, wygenerowanego automatycznie programem MATCH-T na stacji roboczej ImageStation-Intergraph.

Metoda ta bazuje na autorskim programie filtracji, opracowanym w języku Turbo Pascal. Przydatność opracowanej metody filtracji analizowano z punktu widzenia wykorzystania poprawionego NMT w procesie wytwarzania ortofotomap cyfrowych.

Kompleksowe podejście do problemu filtracji NMT jest tematem przyszłych rozważań autora niniejszego artykułu.

1. Wstęp

Numeryczny Model Terenu (NMT) generowany automatycznie metodą autokorelacji obrazów cyfrowych w systemie ImageStation oprogramowaniem MATCH-T jest uporządkowanym zbiorem punktów (X, Y, Z), z których zdecydowana większość to punkty leżące na powierzchni terenu. Jednakże, dla obszarów zurbanizowanych wynik generowania programem MATCH-T nie jest w pełni zadowalający, co stanowi istotny mankament w procesie technologicznym wytwarzania cyfrowych ortofotomap.

Wyjściem z sytuacji jest edycja ręczna punktów NMT odstających od powierzchni terenu. Dla pewnego poziomu gęstości punktów siatki NMT edycja ręczna staje się na tyle pracochłonna, że automatyczny pomiar staje się nieekonomiczny. Stąd też konieczna stała się potrzeba wsparcia automatycznego generowania NMT odpowiednio przygotowanym procesem filtracji.

2. Zarys metody filtracji

Wszystkie punkty NMT zostały zapisane w prostokątnej tablicy (macierzy). Liczba wierszy i kolumn tej macierzy jest funkcją wielkości oczka siatki pomiarowej NMT. Tak utworzoną macierz podzielono następnie na szereg mniejszych macierzy, których wymiary dostosowano do charakteru rzeźby badanego terenu. W każdej wydzielonej macierzy przeprowadzono analizę jej elementów. Celem analizy było znalezienie dokładnie jednego punktu macierzy charakteryzującego się najmniejszą wysokością.

W drugim etapie filtracji zbudowano sieć trójkątów, których wierzchołkami były sąsiadujące ze sobą punkty wybrane w etapie pierwszym. Przez każdy z tych trójkątów poprowadzono płaszczyznę. Przyjęto, że każda z tych płaszczyzn jest pierwszym przybliżeniem powierzchni terenu.

W tym momencie właściwym stało się poszukiwanie punktów pierwotnej macierzy według kryterium odległości punktu terenowego od płaszczyzny aproksymującej ten teren. Oznaczało to, że jeżeli punkt pierwotnej macierzy leżał w granicach badanego trójkąta, zaś odległość tego punktu od płaszczyzny trójkąta nie przekraczała dopuszczalnej wielkości wynikającej z przyjętego kryterium, to punkt ten przyjmowano za punkt terenowy.

3. Program filtracji

Opisana metoda filtracji bazuje na autorskim oprogramowaniu, które zostało napisane w języku Turbo Pascal 7.0.

Program składa się z trzech podstawowych bloków, z których każdy może być wykorzystany jako niezależny podprogram. Blok pierwszy jest odpowiedzialny za prawidłowy import danych oraz ich przekształcenie do postaci zbioru ASCII. Drugi blok spełnia zadanie filtracji, polegającej na selekcji danych według ustalonego kryterium. Trzeci blok pozwala wyeksportować dane w formacie ASCII (X, Y, Z), które służą jako materiał wsadowy do innych opracowań (generowanie warstwic lub ortofotomapy).

Program filtracji pozwala na dowolne operowanie dwoma parametrami, z których pierwszy decyduje o wielkości bloku poszukiwań (I etap filtracji), zaś drugi parametr określa dopuszczalną odległość punktu siatki NMT od płaszczyzny trójkąta będącej pierwszym przybliżeniem terenu (II etap filtracji).

W celu sprawdzenia skuteczności działania programu filtracji, a tym samym metody filtracji przeprowadzono eksperyment.

4. Zakres eksperymentu

NMT w postaci punktów rozproszonych wygenerowano metodą korelacji obrazów. Do pomiaru wykorzystano zdjęcia pola testowego „POZNAŃ” w skali 1:6 200 wykonane kamerą o odległości obrazowej 152 mm, zeskanowane na PS-1 Zeiss/INTERGRAPH. Pole testowe charakteryzowało się dużym zagęszczeniem obiektów terenowych. Gęstość punktów siatki pomiarowej NMT wynosiła 5 m. Punkty te zapisano w prostokątnej macierzy składającej się z 110 wierszy oraz 165 kolumn. Macierz tę podzielono na mniejsze macierze w trzech wariantach:

- wariant A – macierz składa się z 3 wierszy oraz 3 kolumn;
- wariant B – macierz składa się z 10 wierszy oraz 10 kolumn;
- wariant C – macierz składa się z 6 wierszy oraz 6 kolumn.

Dla każdego z przedstawionych wariantów przeprowadzono analizę elementów prostokątnej macierzy na podstawie kryterium odległości punktu

terenowego od płaszczyzny aproksymującej ten teren. Odległość ta wynosiła kolejno: 20 cm, 40 cm, 80 cm.

5. Analiza parametrów filtracji

WARIANT A

Dla terenów zurbanizowanych o dużej liczbie obiektów terenowych (domy, drzewa, itp.), stosując mały blok poszukiwań (3 x 3 – *WARIANT A*) zachodzi obawa, iż część wybranych w pierwszym etapie filtracji punktów NMT nie będzie punktami terenowymi.

Drugi etap filtracji bazuje na punktach wybranych w etapie pierwszym (wierzchołki trójkątów). Jeśli punkty te będą w większości położone nad lub pod terenem to wynikowy NMT zostanie zafalszowany. Zaproponowana w tym wariantcie filtracja traci więc rację bytu.

WARIANT B

Dla terenów zurbanizowanych o dużej liczbie obiektów wystających oraz dużej ich rozciągłości zastosowanie w pierwszym etapie filtracji dużego bloku poszukiwań (10 x 10 – *WARIANT B*) wydatnie skraca proces obliczeniowy. Prawdopodobieństwo wyboru w tym etapie filtracji punktów siatki NMT (NMT rozumianego jako produkt MATCH-T) leżących na powierzchni terenu jest bardzo duże. Duży procentowy udział punktów terenowych w ogólnej liczbie punktów wybranych w pierwszym etapie filtracji pozwolił na kontynuowanie filtracji w etapie drugim.

Podstawą dla tego etapu filtracji były trójkąty o długich bokach. Tego typu trójkąty w ekstremalnych położeniach spowodowały z jednej strony błędne, zaś z drugiej nieznaczne zagęszczenie grupy punktów wybranych po pierwszym etapie filtracji. Jedno z dwóch ekstremalnych położenia ma miejsce wtedy, gdy wysokości punktów będących wierzchołkami trójkąta są mniejsze od wysokości terenu objętego jego zasięgiem. W tym przypadku, w drugim etapie filtracji nie zostały wyselekcjonowane rzeczywiste punkty terenowe. Ekstremalne położenie trójkąta ma miejsce również wtedy, gdy wysokości jego wierzchołków są większe od wysokości terenu będącego w jego zasięgu. W tym przypadku, w drugim etapie filtracji do grupy punktów terenowych zostały zakwalifikowane punkty błędnie pomierzone.

Ocenia się iż, dla wariantu B po dwóch etapach filtracji wybrano zaledwie 25% punktów spośród ogólnej liczby punktów siatki NMT. Jednak większość z nich stanowiły punkty będące wynikiem błędnej (np. po dachach budynków) korelacji obrazów cyfrowych. Powyższej oceny dokonano przy założeniu, że w drugim etapie filtracji odległość punktu zaliczanego do grupy punktów terenowych od płaszczyzny trójkąta nie mogła przekraczać 40 cm.

Ustalając kryterium odległości na poziomie 20 cm, liczba punktów wyselekcjonowanych po dwóch etapach filtracji stanowiła 20% ogólnej liczby punktów pierwotnej siatki NMT. Dla kryterium odległości na poziomie 80 cm, procent ten wyraźnie się zwiększył (60%), lecz wraz z nim zwiększyła się grupa punktów błędnie pomierzonych.

Oczywistym stało się więc, że stosowanie w pierwszym etapie filtracji bloku poszukiwań (10 x 10) nie ma uzasadnienia.

WARIANT C

Zaproponowano więc przeprowadzenie filtracji z wykorzystaniem bloku poszukiwań (6 x 6 – *WARIANT C*). Stwierdzono, że dla tego wariantu większość punktów wybranych w pierwszym etapie filtracji stanowiły punkty terenowe. Fakt ten dopuszczał możliwość kontynuowania filtracji w drugim etapie i stwarzał nadzieję, iż tym razem będzie ona skuteczna.

Zbudowana sieć trójkątów w drugim etapie rozpatrywanego wariantu filtracji charakteryzowała się długością boków powodującą sporadyczne występowanie ekstremalnych położań trójkątów tej sieci. Ogólna liczba punktów terenowych wyselekcjonowanych po dwóch etapach filtracji (*WARIANT C*) zwiększyła się na tyle, że interpolacja nowej siatki NMT nie była już problemem.

WARIANT C filtracji, przy założeniu, że odległość punktu terenowego od płaszczyzny trójkąta przybliżającej powierzchnię terenu wynosi 40 cm, oceniono jako optymalny. Podobnej analizy dla *WARIANTU C* filtracji dokonano przy założeniu, że:

- odległość punktów terenowego od płaszczyzny trójkąta nie może być większa niż 20 cm;
- odległość punktów terenowego od płaszczyzny trójkąta nie może być większa niż 80 cm.

Dla odległości 20cm zbyt mała liczba wyselekcjonowanych punktów w drugim etapie filtracji, mimo dużego udziału procentowego rzeczywistych punktów terenowych, wykluczyła możliwość interpolacji nowej regularnej siatki NMT. Operowanie odległością 80 cm sprawiło, iż spośród dużej liczby wybranych punktów po dwóch etapach filtracji (85% punktów pierwotnego NMT) tylko 45% stanowiły rzeczywiste punkty terenowe. W tym przypadku interpolowane punkty nowej siatki NMT obarczone byłyby dużymi błędami.

6. Od autora

Dla każdego typu terenu, jeśli uzasadniony jest drugi etap filtracji, jego skuteczność zależy głównie od położenia punktów pierwotnej siatki NMT w stosunku do odpowiednich płaszczyzn trójkątów.

Ustalając dopuszczalną odległość punktów NMT od płaszczyzn trójkątów kierujemy się pewnym kryterium. Jego właściwe określenie decyduje o skuteczności algorytmu filtracji.

Zaprezentowany w tym artykule sposób filtracji z punktu widzenia technologii tworzenia ortofotomapy przeszedł pomyślnie próby i jest aktualnie wykorzystywany w tej technologii w IGIK. Mając na uwadze wykorzystanie NMT do innych opracowań mam świadomość, że zaprezentowana tu metoda filtracji jest jeszcze mało skuteczna. Obecnie trwają prace nad jej udoskonaleniem. Zaowocują one przede wszystkim zwiększeniem liczby etapów filtracji, z których każdy będzie uzupełnieniem etapu poprzedniego.

Ze szczególną uwagą potraktowany zostanie problem wyboru punktów w pierwszym etapie filtracji, gdyż jest to najważniejszy etap w całym procesie. Innym ważnym zagadnieniem będzie budowa sieci trójkątów na różnych poziomach szczegółowości w zależności od charakteru badanego obszaru. Sieć ta posłuży do wyznaczenia lokalnych płaszczyzn aproksymujących teren na bazie których dokonana zostanie końcowa selekcja punktów siatki NMT.

Są to tylko niektóre zagadnienia poświęcone przyszłym pracom nad pozyskiwaniem rzeczywistego NMT. Wyniki tych prac będą tematem kolejnych publikacji.

Literatura

1. Intergraph, 1994, MGE Terrain Modeler (MSM), Reference Manual
2. Intergraph, 1994, ImageStation Match-T (ISMT), User's Guide
3. Marciniak, 1996, Turbo Pascal 7.0, Wydawnictwo Nakom, Poznań

Autor

mgr inż. Ireneusz Ewiak

Instytut Geodezji i Kartografii

00-950 Warszawa, ul. Jasna 2/4

tel. (0-22) 828 02 69 w.124

fax (0-22) 827 03 28

e-mail: rene@igik.edu.pl

Recenzował dr Zygmunt Paszotta