

Katarína ČULÁKOVÁ

MODEL GEORELIÉFU ÚZEMIA ZALOŽENÝ NA TRIANGULÁCII AREÁLU

Čuláková K.: Model of the Georelief Based on Triangulation Area. Kartografické listy, 10, 2002, 4 figs., 6 refs.

Abstract: Digital model of relief (DMGR) and on it located geo-objects are basis of information systems. The basis of tessellations in a computer graphic are network models with as basic element as a triangle. The most frequently used network model at modelling of a relief in the setting GIS is a triangular model TIN (Triangulated Irregular Network). The digital model of georelief is processed in a form of the TIN model which is possible to be visualised in various ways depending on its further exploitation. The required geo-objects are modelled on DMGR in various applications.

Keywords: digital model of georelief, triangulated irregular network.

Úvod

Nástupom nových digitálnych technológií vstúpila do tvorby, aktualizácie, spracovania a používania digitálnych modelov územia potreba hlbšej analýzy priestorovej spoľahlivosti dát v každej fáze tvorby.

Geoinformačné systémy (GiS) umožňujú názorne zobrazit' topografickú plochu a objekty na nej podľa voľby používateľa. V GiS je možné počítať, analyzovať a vykresliť sieťový trojuholníkový i štvorcový model územia, pričom je možné zadať cieleňé vstupné podmienky na jeho tvorbu. Niektoré grafické programy obsahujú možnosti upravovať už vytvorenú trianguláciu. Príspevok sa venuje triangulácii vytvorenej programom Triangle s aplikáciou na modelovanie georeliéfu TerraModelerom, pracujúcim v prostredí programu MicroStation. Cieľom tejto práce je porovnať modelové výškové súradnice Z z dvoch digitálnych modelov georeliéfu (DMGR): DMGR Eurosense a z DMGR PHARE. (Ide o výber zo súťažnej práce toho istého názvu.)

Vytvorenie modelu georeliéfu

Model georeliéfu sa definuje ako zmenšený generalizovaný priestorový model. Z hľadiska geometrického modelovania DMGR delíme na sieťové, vrstevnicové, interpolačné a aproximačné.

Sieťové modely podľa [1] tvoria základ ploškových reprezentácií objektov počítačovej grafiky. Podľa účelu sa zostrojujú trojuholníkové a štvoruholníkové siete. Najčastejšie používaný sieťový model pri modelovaní georeliéfu v prostredí GIS je trojuholníkový model TIN. Podrobnejšie sa touto problematikou zaoberá J. Krcho [5] a M. Vajsábová [1].

Vytvorenie modelu georeliéfu programom TerraModeler

Na vizualizáciu trojuholníkovej siete s pracovným označením „Terramodeler“ sa použila aplikácia programu TerraModeler, ktorá pracuje v prostredí MicroStation [2] a umožňuje modelovanie topografickej plochy vo forme trojuholníkovej siete, vrstevnic alebo mriežky, ktoré vytvára z nameraných dát, grafických prvkov alebo textových súborov (X, Y, Z).

Vytvorenie modelu georeliéfu programom Triangle

Na vytvorenie trojuholníkovej siete „Triangle“ sa použil program Triangle, ktorý bol vytvorený ako časť projektu Archimedes na Carnegie Mellon University [1]. Vstupné dáta tvorí zoznam vrcholov hranice siete, vnútorných bodov a hranice siete z hrán. Pri výpočte sa použila metóda „rozdeľuj a panuj“ pre Delaunayovu trianguláciu. Výsledkom je trojuholníková sieť daná vo forme zoznamov vrcholov siete, hrán a trojuholníkov. Program poskytuje niekoľko volieb parametrov triangulačnej siete, ktoré umožňujú rôzne možnosti výstupu, napr. zohľadnenie minimálneho uhla 20°. Program Showme umožňuje vizualizáciu vypočítanej triangulácie, a to vo forme vrcholov hraničného polygónu, ako aj celej trojuholníkovej siete.

Experimentálne overenie modelu georeliéfu „KOČÍN“

Projekt, z územia ktorého sú analyzované modely, je lokalizovaný v oblasti poľnohospodárskeho výrobného a obchodného družstva (PVOD) Kočín nachádzajúceho sa v Trnavskej pahorkatine v okrese Piešťany. Georeliéf pahorkatiny je členitý s výškovým rozdielom 208,77 m (najnižšia nadmorská výška je 168,66 m a najvyššia nadmorská výška je 377,43 m Bpv). Okrem katastrálneho územia (k. ú.) Kočín zasahuje do siedmich k. ú.: Lančár, Dolný Lopašov, Veselé, Rakovice, Šterusy, Vrbové a Prašník. Našou úlohou bolo testovať z vybraného územia modelové súradnice Z z DMGR Eurosense a z DMGR PHARE .

Digitálne modely georeliéfu prešli týmito štádiami vývoja:

- V prvej verzii bol DMGR (Eurosense) vytvorený z ortofotosnímky spracovanej z najnovších leteckých snímok mierky 1:8000 (zalietanie 3.5. 2001) spracovaných firmou Eurosense pre účely Slovenského pozemkového fondu.
- V druhej verzii bol DMGR (PHARE) vytvorený z ortofotosnímky spracovanej leteckých meračských snímok (1:27 000) projektu PHARE [3], ktoré získala fakulta STÚ z Geodetického a kartografického ústavu v Bratislave.

Opis experimentu

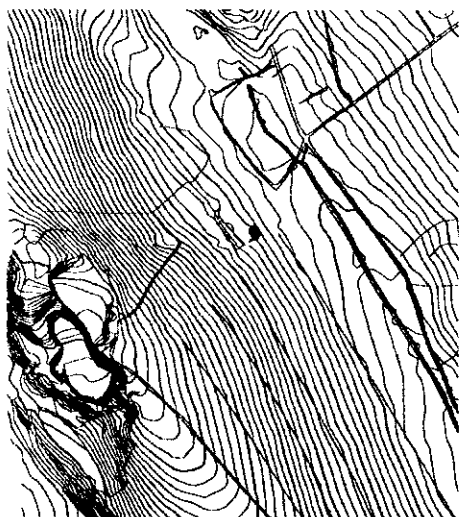
Podkladom na vytvorenie DMGR programe Terramodeler bol trojdimenzionálny súbor vo formáte DGN, ktorý obsahuje body dané súradnicami (X, Y, Z) a zlomové línie. Model v tomto programe vznikol dvoma spôsobmi, a to:

1. z grafických prvkov,
2. z prvkov umiestnených vo vnútri pohľadu.

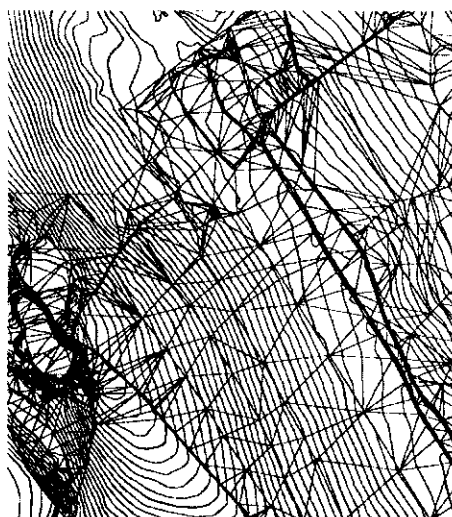
Pri prvom spôsobe sa vytvoril model z grafických prvkov triedených podľa vrstvy a typu prvku. Keďže DMGR Eurosense bol nedostatočne definovaný terénymi hranami, doplnil sa o podrobné terénne hrany (obr. 1). Na doplnenom DMGR Eurosense sa vytvoril model georeliéfu, ktorý už komplexnejšie vystihoval zobrazovaný reliéf (obr. 2).

Druhým spôsobom sa vytvoril model georeliéfu z prvkov umiestnených vo vnútri pohľadu, z bodov DMGR Eurosense.

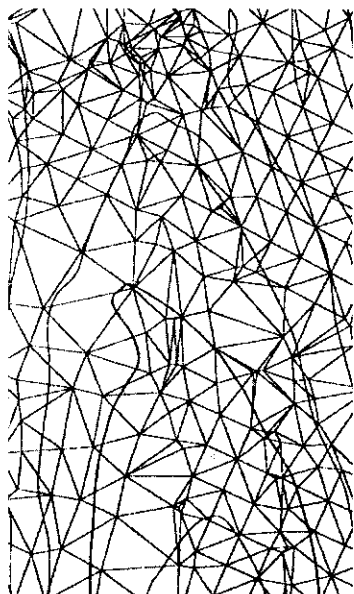
V záujmovom území sa vytvoril detail (obr. 3), na ktorý sa „naložil“ georeliéf, čím sa získal dvojrozmerný štvoruholník tretí rozmer. V tomto detaile sa vytvorila trojuholníková sieť z prvkov umiestnených vo vnútri pohľadu, t. j. z bodov DMGR Eurosense. Na tom istom detaile, ale na DMGR PHARE, sa vytvoril model georeliéfu (obr. 4). Pri vizuálnom porovnaní týchto dvoch modelov vidno už na pohľad rozdiely. Model DMGR Eurosense je tvorený nepravidelnou trojuholníkovou sieťou a model DMGR PHARE pravidelnou trojuholníkovou sieťou. Model georeliéfu vytvorený na detaile DMGR Eurosense sa použil ako podklad na vytvorenie triangulácie v programe Triangle.



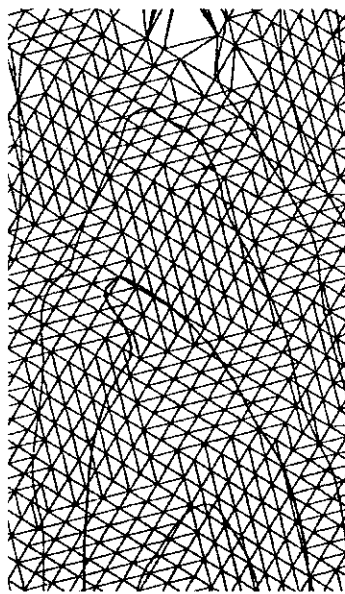
Obr. 1 DMGR Eurosense
s podrobnými reliéfnymi hranami



Obr. 2 Trojuhelníková sieť z prvkov DMGR Eurosense s podrobnými reliéfnymi hranami



Obr. 3 Detail trojuhelníkov záujmového územia
DMGR Eurosense



Obr. 4 Detail trojuhelníkov záujmového územia
DMGR PHARE

Na výpočet dvojdiemzionálnej triangulácie na detaile záujmového územia, ktorý je vytvorený trojuhelníkovou sieťou programu TerraModeler („primárna trojuhelníková sieť“), sa použil program **Triangle**. Výsledkom výpočtu v programe Triangle je Delaunayova triangulácia („sekundárna trojuhelníková sieť“), ktorej výstupný súbor tvorí zoznam trojuhelníkov.

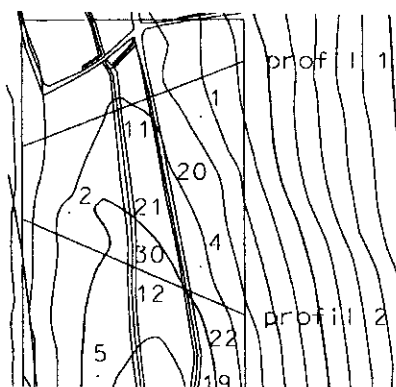
Pred začatím práce v programe Triangle sa pripravil vstupný súbor formátu POLY na výpočet triangulácie, ktorý obsahoval číslo a súradnice $[x, y]$ vrcholov hranice, množiny vnútorných bodov každého areálu a atribút 0 alebo 1. Ich počet bol 993.

Výsledný zoznam trojuholníkov siete obsahuje 1704 prvkov. Program Triangle vytvoril dvojrozmernú trianguláciu, pričom nevyužil všetky zadané body zo vstupného súboru (detail.poly).

Priestorové analýzy

Na analýzu sa zvolil za etalón digitálny model georeliéfu územia Eurosense. Porovnávali sa súradnice Z vybraných bodov DMGR Eurosense a DMGR PHARE, a to dvoma spôsobmi: pomocou reprezentatívneho výberu 30 bodov a pomocou bodov ležiacich na piatich profiloch.

Prvý spôsob testovania (obr. 5) bol pomocou reprezentatívneho výberu 30 bodov. Porovnávali sa súradnice Z bodov na polohopisných prvkoch a voľných bodov georeliéfu DMGR Eurosense (Z_E) a DMGR PHARE (Z_{PH}).



Obr. 5 Zobrazenie reprezentatívneho výberu 30 bodov a 2 profilov na detaile záujmového územia

Pomocou nadstavby TerraModeler sa porovnali prevýšenia vybraných bodov obidvoch reliéfov (Z_E , Z_{PH}). Program poskytol informáciu o výškových rozdieloch ($\Delta Z = Z_E - Z_{PH}$). Vypočítaná bola stredná chyba výškopisnej zložky m_{v30} podľa vzťahu:

$$m = \sqrt{\frac{[\varepsilon\varepsilon]}{n}} \quad (2.1)$$

kde ε – skutočná chyba meranej veličiny,
 n – počet meraných hodnôt.

Druhý spôsob testovania (obr. 5) bol pomocou bodov ležiacich na piatich profiloch. Pomocou nadstavby programu TerraModeler sa na lineárnych prvkoch vytvorili priečne profily. Po porovnaní sa na bodoch profilov vypočítali výškové rozdiely medzi DMGR Eurosense a DMGR PHARE. Z hodnôt výšok (Z_E , Z_{PH}) sa vypočítala stredná chyba výškopisnej zložky m_{vp} podľa vzťahu:

$$\Delta Z = Z_E - Z_{PH}, \quad (2.2)$$

kde Z_E – výška bodu DMGR Eurosense,
 Z_{PH} – výška bodu DMGR PHARE.

Pri stanovení krajnej odchýlky sa vychádzalo zo Smernice na tvorbu a vydávanie základnej ortofotomapy Slovenskej republiky 1:5000 [6], ktorá definuje presnosť výšky podrobného bodu, ako 1/4 použitého základného vrstevnicového intervalu. Z toho vyplýva, že ak základný vrstevnicový interval v ortofotomape Slovenskej republiky 1:5000 je 5 m v členitom teréne, potom interval spoľahlivosti výšky podrobného bodu je 1,25 m. Krajná odchýlka sa stanovila ako trojnásobok tejto hodnoty, čiže stredné chyby vo výškopisnej zložke sa porovnávali s hodnotou 3,8 m.

Porovnaním a výpočtom sa zistilo, že stredné chyby vo výškopisnej zložke neprekročili stanovenú krajnú odchýlku. Body určené pomocou reprezentatívneho výberu 30 bodov majú $m_{v30}=1,4$ m a body ležiace na piatich profiloch majú $m_{vp}=1,1$ m, z čoho vyplýva, že stredné chyby vo výškopisnej zložke neprekročili 40 % stanovenej krajnej odchýlky.

Záver

V príspevku vytvorená reprezentácia trojuholníkovej siete topografickej plochy vybraného georeliéfu oblasti „Kočín“ je teoreticky popísaná a graficky znázornená na obr. 1 až 5. Modelové trojuholníkové polia vytvorené z DMGR Eurosense a DMGR PHARE boli testované dvomi spôsobmi. Prvý spôsob bol pomocou reprezentatívneho výberu 30 bodov s výsledkom, ktorý charakterizuje strednú chybu $m_{v30}=1,4$ m a druhý pomocou bodov na piatich profiloch, ktorý charakterizuje stredná chyba $m_{vp}=1,1$ m. Stredné chyby vo výškopisnej zložke m_{v30} a m_{vp} neprekročili stanovenú krajnú odchýlku, 3,8 m.

Literatúra

1. VAJSÁBLOVÁ, M. (2001). *Priestorový model územia*, Dizertačná práca, Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity, Bratislava, s. 24-43, 65-71.
2. Bentley System – *Užívateľská príručka TerraModeler v. 30.09.96*, s. 1-1 – 14-1.
3. CHALACHANOVÁ, J. (2001). Výšková analýza bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek na podklade digitálneho modelu reliéfu, *Kartografické listy* 9, s. 101-104.
4. HÁJEK, M., CHALACHANOVÁ, J., ČERŇANSKÝ, J. (2001). Integration of Sources Spatial Data for Agricultural Database, *Proceedings of 4th AGILE CONFERENCE ON GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE, GI in EUROPE: Integrate, Interoperable, Interactive*, Brno, Czech Republic, pp. 760-767.
5. KRCHO, J. (1990). *Morfometrická analýza a digitálne modely georeliéfu*. Bratislava, Veda, s. 308-309, 340-347, 386-400.
6. *Smernice na tvorbu a vydávanie základnej ortofotomapy Slovenskej republiky 1:5000 S 74.20.74.11.00*, Úrad geodézie, kartografie a katastra SR, Bratislava 1999.

Poznámka:

Študentská vedecká práca Katedry mapovania a pozemkových úprav ocenená 2. miestom v súťaži Študentská vedecká konferencia na Stavebnej fakulte r. 2002.

Pedagogický vedúci

Doc. Ing. Milan. HÁJEK, PhD.,

Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity, Bratislava