

Modelele numerice ale altitudinii: studiul convergenței la diferite scări

Alexandru Buga *, Mircea Juc *, Ghenadie Sârodoiev *, Valentin Răileanu *

Introducere

Crearea hărților numerice este una dintre cele mai dificile și costisitoare etape ale elaborării SIG. Modelul numeric al terenului (*MNT*) ocupă un loc aparte în elaborarea SIG, constituind baza informațională necesară pentru diferite aplicații: determinări geomorfologice, cercetarea proceselor exogene moderne, construirea hărților topoclimatice, analiza specificului răspândirii solurilor, raionarea geografică, ocrotirea mediului înconjurător, crearea imaginilor morfometrice, pentru construcția obiectelor liniare (în energetică, transportul auto și feroviar, conductele de apă, gaz), crearea cadastrului. O parte componentă a *MNT* este modelul numeric al altitudinii (*MNA*).

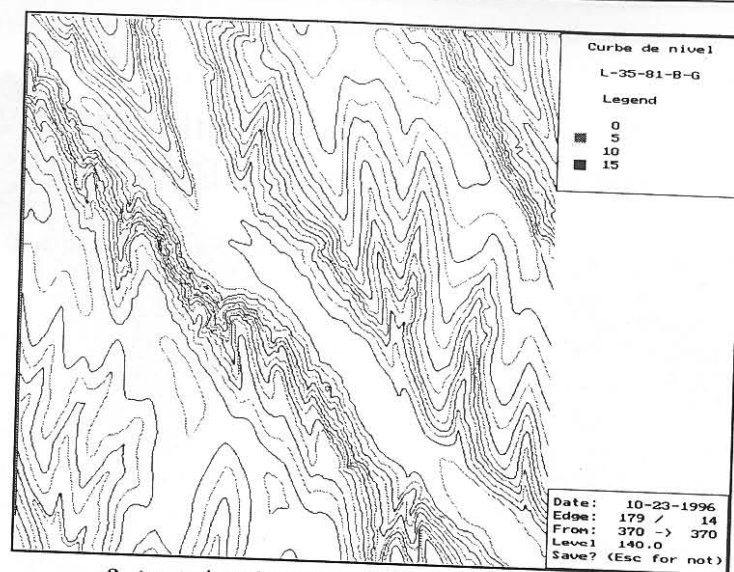
Scopul acestei lucrări este argumentarea selectării parametrilor *MNA*: densitatea rețelei și ordinul interpolării în dependență de scara hărții topografice. Selectarea optimă a parametrilor permite optimizarea cerințelor către precizia modelului reliefului și resursele calculatorului.

Sarcina lucrării este obținerea pentru aceeași suprafață a modelelor numerice ale altitudinii pornind de la hărțile topografice la scările 1:100 000 și 1:25000.

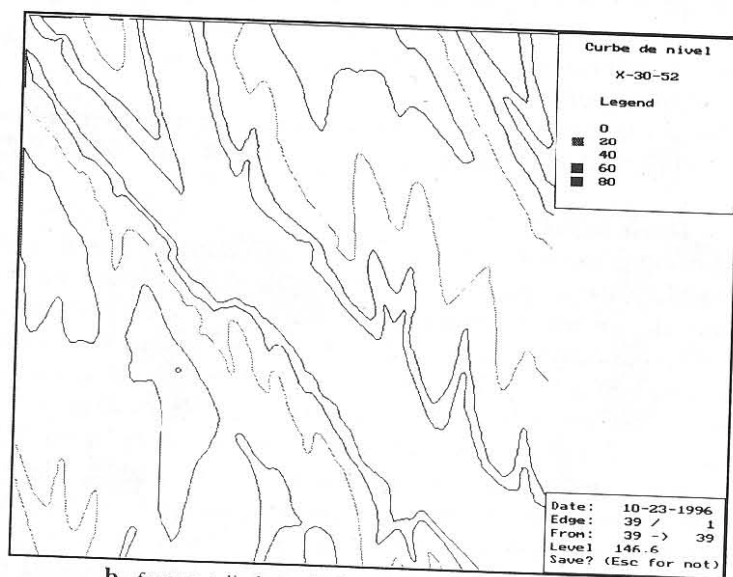
1. Datele inițiale.

Concepția acceptată se bazează pe utilizarea hărților topografice la scară mare. În acest mod, scara completului de hărți inițiale determină atât pasul discretizării (mărimea celei elementare sau a pixelului), cât și precizia determinării altitudinilor.

Mulțimea curbelor de nivel de pe hărțile topografice este într-o dependență strictă cu scara lor (pe hărțile la scara 1:25 000 curbele de nivel sunt trasate la fiecare 5 m, la scara 1:50 000 - 10 m, 1:100 000 - 20 m, 1:200 000 - 40 m etc.). În figura 1a sunt prezentate curbele de nivel a unei planșe topografice la scara 1:25 000. Aici curbele de nivel sunt desenate la fiecare 5 m (0, 5, 10, 15, 20...). În figura 1b sunt reprezentate curbele de nivel pentru același teritoriu, decupate din planșa topografică la scara 1:100.000. Aici curbele de nivel sunt trasate din 20 în 20 m (0, 20, 40, 60, 80...). Comparând aceste două imagini, vom observa că planșa la scara 1:25 000 redă mai detaliat relieful teritoriului. Suprapunând aceste imagini (pentru scara 1:25 000 fiind desenate curbele de nivel la 20 m) se observă o corespondență satisfăcătoare a redării reliefului.



a. trasate de pe harta 1/25.000



b. fragment din harta 1/100.000

Figura 1. Curbele de nivel pentru teritoriul cercetat

2. Cercetarea modelului.

Prin *MNA* vom înțelege un masiv bidimensional de valori ale altitudinii, fiecare element al căruia are o geografică strictă.

Parametrii modelului. Modelul numeric al altitudinii construit anterior este influențat sau determinat de un șir de parametri, ca scara materialelor cartografice utilizate, densitatea rețelei, coordonatele spațiale și ordinul interpolării. În *fig. 2* este arătată schema tridimensională a teritoriului cercetat.

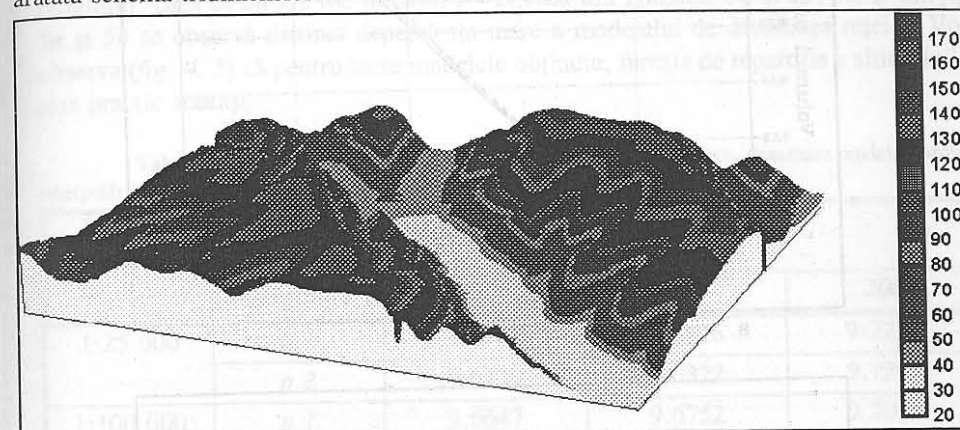
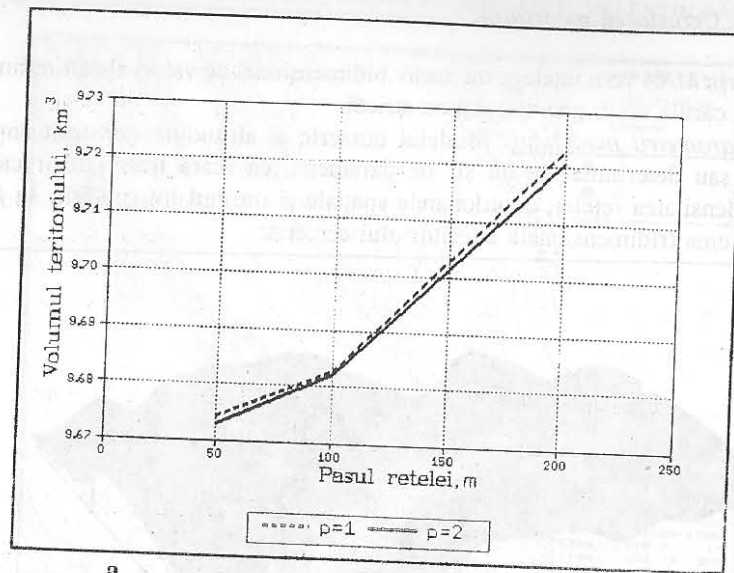


Figura 2. Imaginea tridimensională a teritoriului cercetat

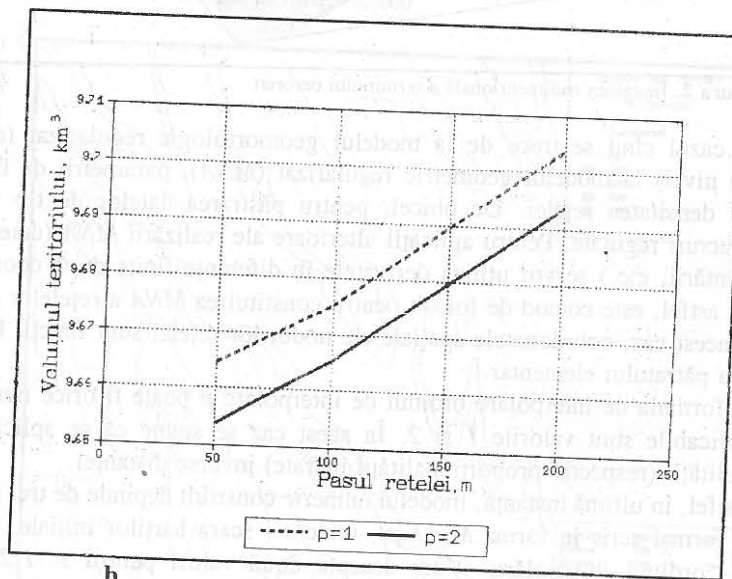
În cazul când se trece de la modelul geomorfologic regularizat (mulțimea curbilor de nivel) la modelul geometric regularizat (*MNA*), parametrii de bază sunt structura și densitatea rețelei. De obicei, pentru păstrarea datelor de tip raster se folosesc structuri regulate. Pentru aplicații ulterioare ale realizării *MNA* (determinarea pantei, orientării, etc.) se vor utiliza derivatele în diferențe finite după coordonatele spațiale, și, astfel, este comod de folosit pentru constituirea *MNA* a rețelelor de formă pătrată. În acest caz, coordonatele spațiale ale nodurilor rețelei sunt funcții liniare de dimensiunea pătratului elementar.

În formula de interpolare ordinul de interpolare p poate fi orice număr, însă mai des aplicabile sunt valorile 1 și 2. În acest caz se spune că se aplică metoda proporționalității (respectiv proporționalității pătrate) inverse distanței.

Astfel, în ultimă instanță, modelul numeric construit depinde de trei parametri și poate fi formal scris în forma $M(s, h, p)$, unde s - scara hărților inițiale, h - pasul rețelei, p - ordinul interpolării. Vom accepta două valori pentru s : 1:25 000 și 1:100.000, aceasta fiind condiționată de constituirea *MNT* al Republicii Moldova. În acest caz, reieșind din precizia poziționării elementelor pe hărțile topografice, intervalul de valori pentru h va fi de 50 - 200 m. Respectiv pentru ordinul interpolării vor fi



a



b

Figura 3. Dependența volumului teritoriului de pasul rețelei și coeficientul de interpolare. a. la scara 1/25.000, b. la scara 1/100.000

acceptate două valori discrete $p=1$ și $p=2$. Drept criteriu pentru compararea rezultatelor obținute se va folosi volumul teritoriului cercetat:

În tabelul 1 sunt prezentate rezultatele efectuării experimentelor analitice. Graficele dependenței volumului de densitatea rețelei pentru diferite scări sunt prezentate în fig. 3a, 3b. Pentru scara 1:25 000, spre deosebire de 1:100 000, influența ordinului de interpolare este infimă, acest fapt fiind cauzat de densitatea mare a curbelor de nivel. Dar, cum se vede din fig. 4a și 4b, pentru $p=1$ se păstrează monotonia suprafeței reliefului, ceea ce nu are loc în cazul $p=2$. Atât din graficele 3a și 3b, cât și din fig. 5a și 5b se observă distinct dependența mare a modelului de densitatea rețelei. Vom observa (fig. 4, 5) că pentru toate modelele obținute, funcția de repartiție a altitudinilor este practic aceeași.

Tabel 1. Dependența volumului teritoriului (în km^3) de scara hărții, densitatea rețelei și ordinul interpolării

Scara	Ordinul de interpolare	Pasul rețelei h , m		
		50	100	200
1:25 000	$p 1$	9.6744	9.6826	9.7230
	$p 2$	9.6730	9.6822	9.7205
1:100 000	$p 1$	9.6647	9.6752	9.7040
	$p 2$	9.6538	9.6654	9.6937

Pentru aceasta determinăm valoarea minimă a volumului teritoriului cu pasul rețelei minim, pentru $p=1$ și $p=2$ la scara 1:100 000.

Efectuând calculele am observat că valoarea minimă a teritoriului se obține pentru coeficientul de interpolare $p=1$ - pasul rețelei $h=25$ m, iar pentru $p=2$ - $h=6$ m.

Ca rezultate ale cercetărilor, au fost calculate și obținute modelele hipsometrice ale teritoriului (fig. 4, 5).

În modelele obținute numărul de puncte (N) pentru toate modelele este 35 972 (fig. 4) și 20 243 (fig. 5). Deosebirea este în pasul diferit al rețelei. Așteptarea matematică pentru toate modelele (MX) diferă insuficient. Devierea standard (s) este mai mică la scara 1:100 000, ca și coeficientul de variație (s/MX). Asimetria ($assX$) și

excesia ($excX$) neglijând, că valorile sunt negative confirmă ipoteza despre repartiția normală a separării generale.

Concluzii

Conform metodologiei adoptate, au fost pregătite și introduse în calculator datele inițiale pentru un teritoriu test. Acestea sunt curbele de nivel și punctele de triangulație pentru o planșă la scara 1:25 000 și suprafața respectivă de pe harta la scara 1:100.000.

A fost cercetat un șir de modele numerice ale altitudinii la diferite scări ale hărților, densități ale rețelei și ordine de interpolare.

În funcție de scara modelului cartografic s-a obținut valoarea adecvată a densității rețelei spațiale cu celulele în formă de pătrat. În special pentru hărți la scara 1:25 000 pasul rețelei va fi de 50 m, iar pentru scara 1:100 000 - 200 m. Se estimează, că pasul optimal al rețelei spațiale este de 0.2 din scara hărții.

Pentru păstrarea monotoniei funcției altitudinii va fi folosit primul ordin de interpolare. În același timp, în cazul ordinului doi de interpolare, valoarea minimă a volumului teritoriului se atinge pentru dimensiunea rețelei aproape de zero, ceea ce indică o determinare mai precisă a altitudinii reale în acest caz.

* Institutul de Geografie al
Academiei de Științe a Moldovei, Chișinău

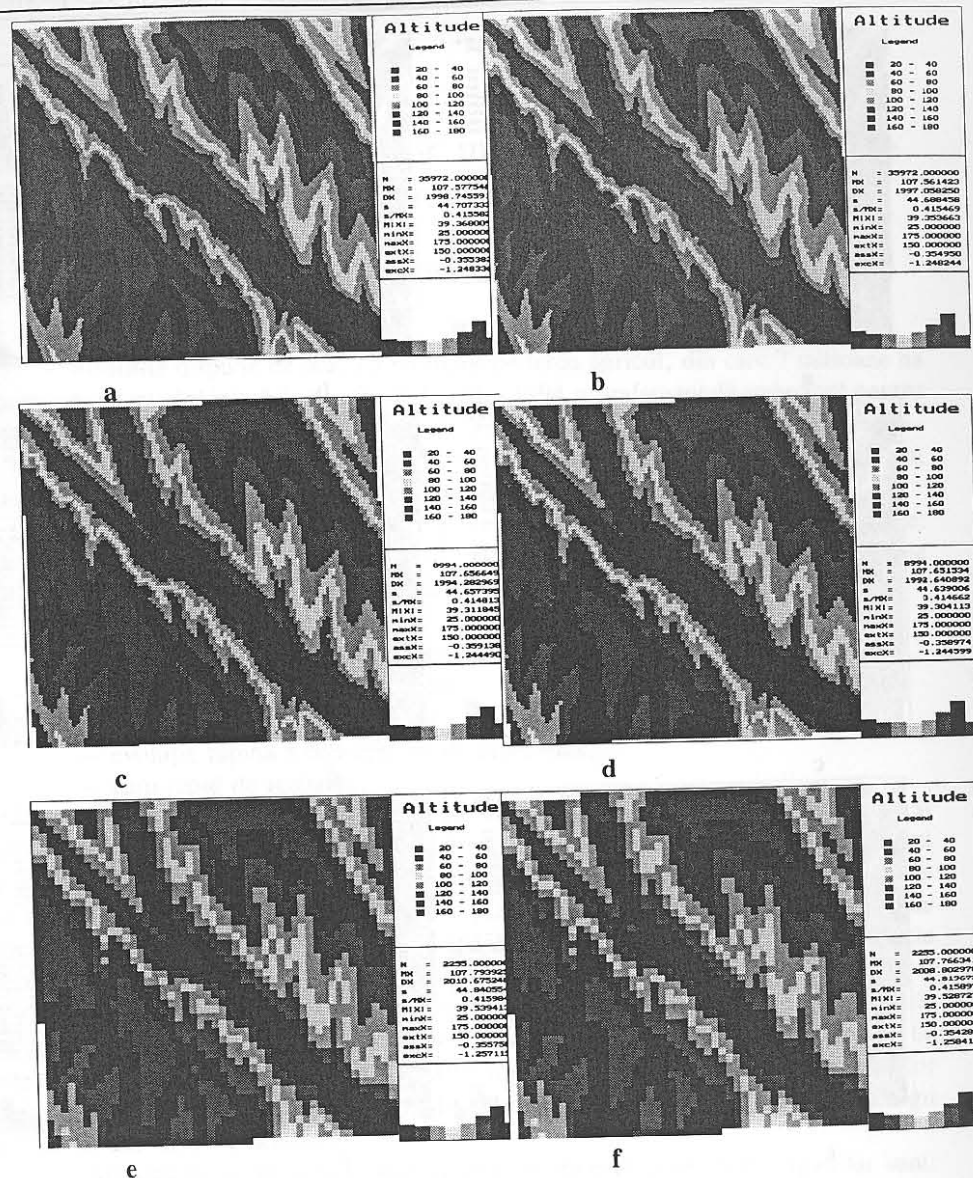


Figura 4. Modelul hipsometric al hărții la scara 1/25.000: a. pasul rețelei h=50m și ordinul de interpolare p=1; b. pasul rețelei h=50m și ordinul de interpolare p=2; c. pasul rețelei h=100m și ordinul de interpolare p=1; d. pasul rețelei h=100m și ordinul de interpolare p=2; e. pasul rețelei h=200m și ordinul de interpolare p=1; f. pasul rețelei h=200m și ordinul de interpolare p=2

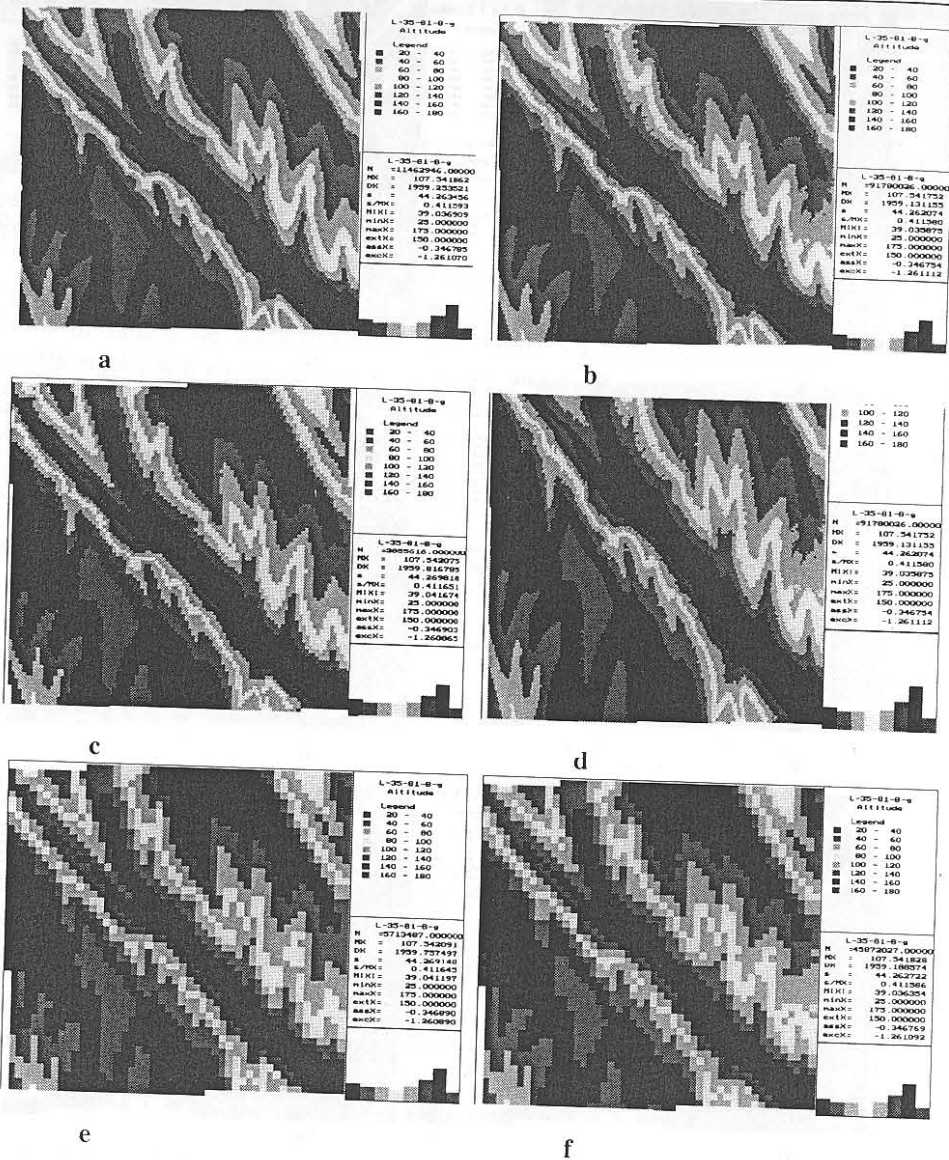


Figura 5. Modelul hipsometric al hârții la scala 1/100.000. a. pasul rețelei $h=50\text{m}$ și ordinul de interpolare $p=1$; b. pasul rețelei $h=50\text{m}$ și ordinul de interpolare $p=2$; c. pasul rețelei $h=100\text{m}$ și ordinul de interpolare $p=2$; d. pasul rețelei $h=100\text{m}$ și ordinul de interpolare $p=1$; e. pasul rețelei $h=200\text{m}$ și ordinul de interpolare $p=1$; f. pasul rețelei $h=200\text{m}$ și ordinul de interpolare $p=2$