

RAZVOJ PREDSTAVITEV MODELA POVRŠJA ZEMLJE

Dr. Tomaž Podobnikar*

Izvleček

Prispevek opisuje zgodovinski pregled predstavitev modelov površja Zemlje. Predstavljeni so prikazi reliefa, med katere spadajo najstarejše najdbe v času izpred okoli 8000 let. K razvoju prikazov reliefa so precej doprinesli grški učenjaki, Rimljani pa so to znanje prevzeli, a ga niso bistveno nadgrajevali. V srednjem veku je poleg zatona drugih znanosti zastal tudi razvoj prikazov površja Zemlje. Nove metode so se začele razvijati šele v renesansi. Tedaj so se postopoma začele uveljavljati in razvijati tudi razne geometrične in plastične tehnike prikaza, kot so črtkanje, izdelava plastnic ali prikaz kót, senčenje in prikaz barvnih slojev. Sodobni prikazi se opirajo tako na računalniške - zaslonske kot tudi na analogne predstavitve, od "enostavnih" topografskih kart do trirazsežnih prikazov, pri čemer za izdelavo modelov reliefa skoraj vedno uporabljajo računalnike.

Ključne besede:
vizualizacija površja
Zemlje, relief, zgodovina

201

Abstract

Development of terrain surface model representation

This article presents a historical review of Earth's surface model representation. Presented are representations of terrain that include the oldest finds which are around 8000 years old. To development of terrain representations mostly contributed Greek scholars and Romans accepted this knowledge without essential upgrade. Besides of the other sciences decline, development of Earth's surface presentation halted during the Middle Age. New methods were not developed until Renaissance period. After that time different geometrical and plastic methods like hachuring, producing of contour lines or spot elevations, hill shading and visualisation of hypsometric layers were gradually put into force. Contemporary representations are even computed-oriented - on monitor or analogue, from "simple" topographic maps to three-dimensional visualisations and they use computers for terrain model production.

Keywords: visualisation
of Earth's surface,
terrain, history

1. UVOD

S prispevkom želimo pregledno, a zato nekoliko manj podrobno, opisati razvoj predstavitev modela površja Zemlje od prazgodovine do današnjih dni. Ni pomembno, kakšen medij so avtorji uporabljali za to: kamen, glinaste ploščice, papir, plastično maso ali pa računalniški zaslon. Prav tako ni pomembno, s kakšno tehniko so prišli do prikaza: z enostavnim (umetniško usmerjenim) risanjem, s klasičnimi geodetskimi meritvami in metodami za izdelavo kart, s fotogrametričnimi postopki ali pa z računalniškim modeliranjem kakršnih koli podatkov. Največ prikazov se nanaša na področje kartografije, saj je prav ta v svojem bistvu namenjena prikazu topografskih elementov, med katere štejemo tudi relief (Podobnikar, 2001).

2. NAJSTAREJŠI PRIKAZI POVRŠJA ZEMLJE

Rezultati raziskav kažejo, da so se prvi prikazi površja Zemlje pojavili pred dobrimi 30.000 leti pr. n. št., ko so se ljudje že znali uspešno izražati s simboli oz. znaki (Robinson et al., 1995). Prvi¹ ohranjeni prikaziv površja Zemlje so iz turške Anatolije, kjer so pred okoli 8000 leti na stenski slikarji prikazali izbruh vulkana nad mestom (slika 1; Lanius, 1999). Veliko bolj kakovostni prikazi izvirajo iz obdobja Mezopotamije, kjer so pred približno 4500 leti prikazovali gorovja s "topografskimi" znaki kot kupe kamenja, gorske verige so bile nakazane s poravnanimi črtami, med njimi pa so vijugale črte rek (slika 2).

Slika 1: Eden najstarejših ohranjenih zemljevidov, ki ga nekateri strokovnjaki štejejo za slikarjo (Lanius, 1999). Najden je bil med arheološkimi raziskavami neolitskega kraja Çatal Höyük v turški Anatoliji v svetišču na zidu, dolžine 3 m, in prikazuje tudi površje Zemlje. Domnevno izvira iz leta 6200 pr. n. št. Prikazuje stavbe ter erupcijo, najverjetneje vulkana Hasan Dagi (3253 m). Desno zgoraj je rekonstrukcija zemljevida.



Takšne in podobne oznake vzpetin so bile najpogostejše pri prvih ohranjenih kartografskih prikazih na glinastih tablicah, kamenju, kovinah in podobnem. Pri omenjenih izdelkih bi lažje govorili o umetniških delih kot o pravih, s

¹ Morda najstarejši prikaz površja Zemlje je ohranjen na mamutovem oklu, najden na južnem Moravskem (Češka), star okoli 27.000 let.

kartografskimi pravili opredeljenih prikazih. Prav gotovo so se ljudje še pred tem sporazumevali z enostavnimi risbami v pesku in prsti ali pa s plastično oblikovanimi reliefi, t. i. reliefnimi modeli pri uporabi naravnih materialov. Podobni reliefi so se uveljavili tudi v bližnji preteklosti kot pomanjšave pri prikazu raznih zgodovinskih dogajanj v muzejih ali kot reliefni zemljevidi celih pokrajin ali držav (Leskovar, 1984; Peterca et al., 1974; Kraus, 2000). Sicer so se kartografski prikazi površja domnevno pojavili neodvisno na več območjih zemeljske oble.



Slika 2: Odlomek sumerske glinaste ploščice dimenzij 7,6 x 6,8 cm, najdene leta 1930, ki je dolgo časa veljal za najstarejši ohranjeni zemljevid (levo). Vrisan je del severne Mezopotamije z reko Evfrat na sredini in njeno delto na jugu. Odlomek je bil najden na arheološkem najdišču mesta Ga-Sur, približno 300 km od Babilona (v današnjem Iraku). Ploščica izvira iz let med 2300 in 3800 pr. n. št. (Harley in Woodward, 1987, 113; Lanius, 1999). Njeno rekonstrukcijo prikazuje desna slika.

Kasnejši kartografski prikazi površja Zemlje so bili večinoma izdelani na lesu ali papirju, tako da so se težje ohranili kot kamniti ali glineni. Znale so karte iz paličic, ki so jih uporabljali za navigacijo v Pacifiku, obalne karte prednikov Eskimov na roževini, predkolumbijske karte v Srednji in Južni Ameriki, egiptčanski prikazi na papirusu izpred nekaj tisočletij pr. n. št. (najstarejši ohranjeni zemljevid je iz okoli leta 1300 pr. n. št.) in kitajski zemljevidi iz 7. stol. pr. n. št. (Lanius, 1999).

3. RELIEF PRI GRKIH IN RIMLJANIH - VPLIV RAZVOJA GEOMETRIJE

V kartografiji je precejšen napredek pomenil razvoj geometrije, ki so jo izpili grški učenjaki². Opisali so obliko in dimenzije površja Zemlje ter omogočili izdelavo zasnov referenčnih koordinatnih sistemov. Vse naštetu je bilo izhodišče za oblikovanje osnov za določitev medsebojnih položajev in povečanje natančnosti podatkov. Prikaz razgibanosti površja Zemlje je lahko postal vse bolj prepričljiv (Robinson et al., 1995). Topografski znaki niso bili več orientirani glede na potek gorovja, ampak na njihov videz. Gorovja so

² Najpomembnejši je bil grški matematik Ptolemej, ki je izdelal karto sveta in v 2. stol. pr. n. št. napisal temeljno delo Geografski priročnik (Geographike hyphesis).

senčili z leve (slika 3), poleg tega so začeli s črtami označevati potek grebenov kot skalnate gore z različnimi velikostmi. Rimljani na področju prikaza površja Zemlje niso bili bistveno boljši od Grkov.

Slika 3: Rimski zemljevid (Tabula Peutingeriana, domnevni kartograf je bil Castorius) iz približno leta 100 pr. n. št., ki prikazuje Indijo. Hribovja so shematično prikazana v obliki verig s senčenjem. Kopije takih zemljevidov so uporabljali še v srednjem veku, 1700 let kasneje (Lanius, 1999)!



Prvi zemljevidi, ki prikazujejo slovensko ozemlje, izvirajo prav iz časa Rimskega cesarstva. Najstarejši, cestni zemljevid, izvira iz 3. stoletja, ohranjen pa je njegov prerin iz leta 1255 (Perko, 2001). Na njem lahko opazimo prikaz reliefa v obliki verig s senčenjem, kakršen je bil značilen za rimsko kartografijo.

4. SPLOŠEN ZATON ZNANOSTI V SREDNJEM VEKU IN PONOVEN VZPON Z RENESANSO

V srednjem veku, po razpadu Zahodnorimskega cesarstva, je v zahodni civilizaciji sledilo obdobje kulturnega somraka. Nad znanostjo je prevladala cerkvena dogma. Prikazi reliefa so bili spet geometrično slabo definirani z enostavnejšimi simboli - topografskimi znaki (Korošec, 1978). V tem času so grško tradicijo izdelovanja zemljevidov nadaljevali Arabci³. Na kartografe je v 16. stol. vplivalo duhovno in intelektualno prebujenje renesanse. Topografski prikazi so (spet) postajali vedno bolj metrični. Uporabljati so začeli

³ Najbolj znan arabski kartograf je bil Al-Idrisi, ki je v 12. stoletju izdelal zemljevid takrat znanega sveta.

kartografske projekcije ter naravnejše in prepričljivejše oznake. Prikaz površja Zemlje je postal zvezen, prikazovati so začeli črte naklonov in črtkane vzorce senc. Kartirane črte so postale finejše in mehkejše.

Uporaba primernih metod prikaza površja Zemlje se je kazala v iskanju kompromisa med plastičnimi in geometričnimi metodami. Plastične metode se opirajo na vizualno učinkovit, geometrične pa na natančen prikaz površja. Na žalost pa najučinkovitejše metode vizualizacije niso najbolj natančne. Vse do 20. stol. so prevladovala plastične metode, ki so sicer za prikaz površja Zemlje učinkovite v malih merilih.

5. PRIKAZ RELIEFA S ČRTKANJEM, PLASTNICAMI, KÓTAMI, SENČENJEM IN BARVNIMI SLOJI

V 18. stol. zasledimo izum plastične (pogojno tudi geometrične) metode črtkanja, in sicer po pravilu, večji ko je naklon oz. neravnost površja, gostejše in temnejše so črte (slika 4). Konec 18. stol. se je pojavila metoda naklonskega črtkanja⁴ (slika 5). Črte so izrisane v smeri naklona in stopničene v približno pravilnih metričnih odsekih (med posameznimi odseki bi bile lahko plastnice). Položnejše površje je črtkano z daljšimi in tanjšimi črtami kot strmейše. Uporabljali so tudi različico 'metode leve osvetlitve' za doseganje trirazsežnega učinka s finejšimi črtami na osvetljenih straneh (Robinson et al., 1995). V 19. stol. se je pojavilo kar nekaj načinov črtkanja, s kakršnimi so umetniško upodabljali površje Zemlje. Danes se uporablja le še t. i. skalno črtkanje kot dopolnitev drugih metod prikaza strmega in skalnatega površja v visokogorju.



Slika 4: Stara avstrijska vojaška karta iz let 1763-1787 v merilu 1 : 28.800 (Rajšp, 1996). Prikaz površja z večjo debelino črt pomeni večji naklon površja.

⁴ Saksonski vojaški topograf Johann Georg Lehmann je leta 1799 utemeljil in razvil naklonsko črtkanje in oblikoval svojo lestvico.

V začetku 19. stol. so se z razvojem litografije začele pojavljati barvne karte. Črte za opis površja so začeli prikazovati v rjavem odtenu in kasneje v enaki barvi tudi plastnice. Za še učinkovitejše osnovne ali dopolnilne prikaze so vpeljali metodo barvnih slojev, npr. hipsometrične odtenke za prikaz kopnega in batimetrične za prikaz podvodnega površja.

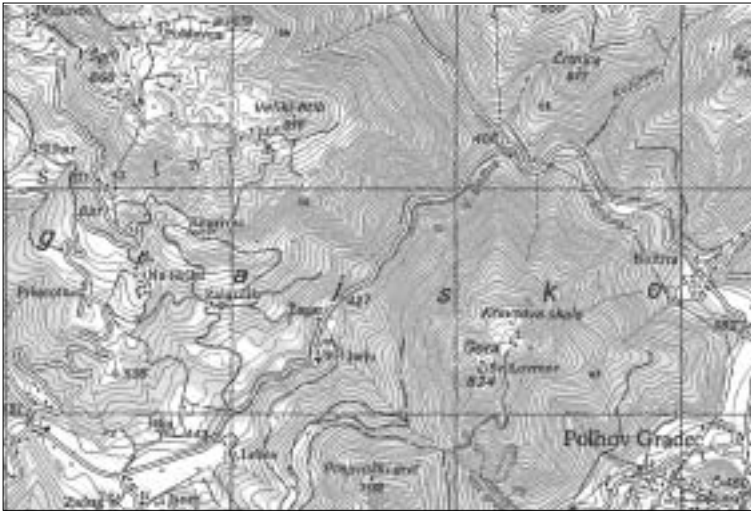
Slika 5: Avstro-ogrška vojaška karta iz začetka 20. stol. v merilu 1 : 75.000. Površje je prikazano z (Lehmannovim) naklonskim črtkanjem. Izrisane so bile tudi nekatere plastnice in kóte.



V sredini 19. stol. so postopki fotografije, graviranja, litografije in poltonskih postopkov omogočili tonsko zvezen (poltonski) prikaz površja, od svetlejših do temnih vrednosti. Senčenje predstavlja eno izmed najbolj realističnih metod prikazov oblikovanosti površja Zemlje. Je logično nadaljevanje metod črtkanja in simulira učinek trirazsežnosti. Spada med plastične metode prikaza površja s sivimi toni, ki ponazarjajo osvetlitev površja v odvisnosti od ekspozicije. Najboljše senčene reliefe so ročno izdelovali umetniki, ki so dobro obvladali interpretacijo površja iz plastnic ali aeroposnetkov. Danes so večinoma v uporabi različne tehnike samodejnega senčenja, ki imajo prednost pred ročnim zaradi precej nižje cene, prikaza več detajlov in homogenosti prikaza (Robinson et al., 1995).

S prvimi merjenji nadmorskih višin vzpetin so se kot ena izmed geometričnih metod prikaza površja pojavile kóte, ki s pikami in pripisanimi nadmorskimi višinami opisujejo nadmorske višine posameznih točk površja. Največkrat so jih kombinirali s črtkanjem. Kóte so se pogosteje začele pojavljati na kartah v drugi polovici 19. stol. Z razvojem geodetskih metod merjenja površja Zemlje se je v 20. stol. uveljavila zelo dobra geometrična metoda prikaza površja s plastnicami - izohipsami (slika 6) ali izobatami, ki je postopoma nadomestila tehnike črtkanja. Ker so plastnice večinoma le približno

geometrično pravilne, vendar pa vseeno nazorno prikazujejo oblikovanost površja Zemlje, jih lahko na kartah v manjših merilih imenujemo kar oblikovnice. Zanimivo je, da so bili prvi prikazi površja s plastnicami omejeni na prikaze dnov jezer in morja, torej z izobatami⁵ že konec 16. stol. (Clarke et al., 1995). Stara Avstrija pa je za prikaz površja Zemlje uporabljala kombinacijo črtkanja in plastnic (slika 5).



Slika 6: Plastnice in kóte za prikaz površja na Državni topografski karti v merilu 1 : 25.000 (DTK 25). Območja, ki jih ni mogoče prikazati s plastnicami, so prikazana s skalnim črtkanjem. Izsek meri približno 3,5 x 2,5 km.

6. SODOBNI PRIKAZI POVRŠJA ZEMLJE

Sodobni prikazi zemeljskega površja najpogosteje uporabljajo kombinacije več metod, predvsem v odvisnosti od namena uporabe in merila izdelka. V kartografiji so v malih merilih prikazi večinoma osnovani na plastičnih metodah kot kombinacija metod barvnih slojev in senčenja površja. V večjih merilih je površje Zemlje skoraj vedno prikazano tudi s plastnicami.

Z uporabo samodejnih geodetskih merskih tehnik in navigacijskih sistemov, fotogrametrije, daljinskega zaznavanja, interneta ter predvsem z razvojem računalništva so se lahko uveljavljali raznovrstni perspektivni prikazi površja v kombinaciji z že omenjenimi klasičnimi prikazi. Med najstarejše perspektivne prikaze površja štejemo blokovne diagrame, ki jih uporabljajo geologi pri prikazih geoloških struktur že od 18. stol. dalje. Prek površja lahko "napenjamo" tudi najrazličnejše tematske digitalne sloje, pridobljene s tehnikami daljinskega zaznavanja in analiz v GIS-ih. Če jih kombiniramo s 3D-kartografskimi znaki, dobimo t. i. 3D karte (Petrovič, 2002; slika 7).

⁵ Prvi znani prikaz izobat je izdelal Nizozemec Pieter Bruynsz leta 1584.

Slika 7: Trirazsežnostna kartografska upodobitev površja na 3D karti (Petrovič, 2002).



Omeniti velja tudi morfometrične ali strukturne karte, ki pogosto prikazujejo relativni relief, karte območij naklonov površja, smeri naklonov, ekspozicij površja ipd. (Robinson et al., 1995). Naslednja možnost so karte osnovnih enot reliefa, ki omogočajo vtis o oblikovanosti površja, kot npr. 'ravninsko', 'gričevnato' in 'gorato' površje. Slednje so uporabne tudi za regionalno planiranje in analize površja. Uveljavili pa so se tudi dinamični prikazi površja ter digitalne karte na osnovi digitalnega modela reliefa za prikaz položaja v prostoru, in sicer na zaslonih v avtomobilih, ladjah, letalih ter na mobilnih telefonih in pri drugih prenosnih napravah.

7. SKLEP

Veren prikaz - model oblikovanosti površja Zemlje in s tem prostora, v katerem živimo, nam omogoča boljše razumevanje okolice in s tem (vsaj upajmo) bolj polno življenje. Tehnike prikaza reliefa so prava umetnost in hkrati znanost, ki sta se razvijali hkrati z razvojem drugih človekovih dosežkov. Take abstraktne prikaze znamo pravilno opazovati le zato, ker smo se jih s časom tako naučili gledati, poleg tega pa so postajali vse bolj standardizirani.

Računalniško pripravljene prikaze je v primerjavi s klasičnimi metodami enostavno pripravljati in vzdrževati, računalniki pa omogočajo tudi precejšnjo interaktivnost. Glede na vrtoglav in uspešen razvoj računalniške tehnologije je že kazalo, da bodo analogni prikazi reliefa postali nepomembni. Kljub vsemu pa je poleg računalniških prikazov opaziti tudi porast uporabe analognih kart (večinoma na papirju), ki so na račun avtomatizirane obdelave postale bolj pregledne, natančnejše in prijetnejše za oko. Poleg tega so analogne predstavitve v primerjavi s takšnimi, ki so pripravljene za računalniške zaslone, tudi danes še vedno bolj pregledne in

čitljive. Analogne karte in nekateri drugi analogni prikazi reliefa torej kljub vse večji računalniški - digitalni usmerjenosti izdelkov nikakor ne bodo izginili. Veliko bolj verjeten je še večji razvoj tehnik digitalnih prikazov reliefa, ki bodo prikazani tudi analogno.

Literatura:

- Clarke, K. C. et al.**, *Digital Terrain Analysis*. Hunter College Department of Geography, City University of New York. <http://everest.hunter.cuny.edu/terrain/> 1995
- Harley, J. B., Woodward, D. (ur.)**, *The history of cartography*. Vol. 1., *Cartography in prehistoric, ancient, and medieval Europe and Mediterranean*. University of Chicago Press, 1987
- Korošec, B.**, *Naš prostor v času in projekciji: Oris razvoja zemljemerstva, kartografije in prostorskega planiranja na osrednjem Slovenskem*. Geodetski zavod SRS, 1978
- Kraus, K.**, *Photogrammetrie: Band 3, Topographische Informationssysteme*. Dümmler, 2000
- Lanius, C.**, *Mathematics of Cartography*. Rice University, Department of Mathematics, <http://math.rice.edu/~lanus/pres/map/>, 1999
- Leskovar, A.**, *Ručna izrada modela reliefa zemljišta od lakih materijala*. Zbornik radova. Vojnogeografski inštitut, 1984, str. 111-117
- Perko, D.**, *Analiza površja Slovenije s stometriškim digitalnim modelom reliefa*. V: *Geografija Slovenije 3*. Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Založba ZRC, 2001
- Peterca, M., Radošević N., Milosavljević S., Racetin F.**, *Kartografija*. Vojnogeografski inštitut, 1974
- Petrovič, D.**, *Trirazsežnostne kartografske upodobitve prostorskih podatkov*. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2001-2002, Založba ZRC, 2002
- Podobnikar, T.**, *Digitalni model reliefa iz geodetskih podatkov različne kakovosti*. Doktorska disertacija. Ljubljana, FG, Oddelek za geodezijo, 2001
- Rajšp, V.**, *Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763-1787 - Karte*. *Josephinische Landesaufnahme 1763-1787 für das Gebiet der Republik Slowenien - Karten*, ZRC SAZU, 1996
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., Guptill, S. C.**, *Elements of Cartography*. 6th edition, John Wiley & Sons, New York, 1995

Recenzija: Branko Rojc, Brane Mihelič

Prispelo v objavo: 2002-08-02