

# МОГУЋНОСТИ УПОТРЕБЕ ГИС-А У ГЕОМОРФОЛОШКИМ ПРОУЧАВАЊИМА НА ПРИМЕРУ ФРУШКЕ ГОРЕ

## POSSIBILITIES OF THE USE OF GIS IN GEOMORPHOLOGIC RESEARCH ON THE EXAMPLE OF FRUŠKA GORA

*Месарош, М.\*, Павић, Д.\**

### *Резиме*

Фрушка Гора представља вишеструко значајно подручје, како са становишта природног богатства, биодиверзитета, тако и са индустријског, туристичког и саобраћајног аспекта. Све интензивнија сеча шума, експлоатација рудног богатства, омасовљавање туризма и саобраћаја убрзано деградирају квалитет природне средине. Са друге стране природни ризици попут клизишта, одрона и поплава угрожавају саобраћајнице, привредне и стамбене објекте, причињавајући велике штете. ГИС модел подручја може олакшати планирање мера одрживог развоја и менаџмент природних ресурса. Примењени резултати геоморфолошких истраживања су фундаментални и неизоставни елементи у просторном планирању.

**Кључне речи:** GIS, 3D моделирање терена, DEM, TIN модел, геоморфологија, Фрушка Гора

### *Abstract*

*Fruška Gora represents an extremely important area in many ways, on the one hand from the point of view of the natural resources, biodiversity, as well as from the industrial, tourist and traffic aspect. Intensified cutting of forests, exploitation of mineral wealth, mass tourism and traffic have increasingly degraded the quality of natural environment. On the other hand, natural risks such as land slides, rock slides and*

\* Минучер Месарош, др Драгослав Павић, ПМФ, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад

*floods have threatened motorway network, industrial and residential establishment, causing a great damage. GIS model of the area can provide easier planning of the measures of sustainable development and the management of natural resources. Applied results of geomorphologic research are fundamental and essential elements in the area planning.*

**Key words:** GIS, 3D modelling of the terrain, DEM, TIN model, geomorphology, Fruška Gora.

## Увод

Према највише распрострањеној дефиницији GIS је систем за прикупљање, обраду, анализу, претраживање и графичко представљање података о простору и атрибута који су везани за њих. С обзиром да проучавање генезе и еволуције површинских рељефних форми изискује детаљан приказ терена и обраду велике количине података, анализирање и визуелизација се могу ефикасније извршити помоћу GIS-а. Иницијална улагања у израду GIS модела рељефа у каснијој фази пружају многе предности кроз свестраније и брже могућности анализе у односу на класичне методе изучавања. У овом раду је за пример примене GIS-а у геоморфолошким проучавањима одабрано подручје Фрушке Горе, веома значајног природног и антропогеног и ресурса, који је често изложен негативном утицају непромишљеног деловања човека. Најочљивији пример погубног деловања људске активности представљају клизишта, која су најчешће настала услед непланске градње стамбених, економских објеката и саобраћајне инфраструктуре на непогодним теренима. Највеће штете се по правилу јављају дуж најфреквентнијих саобраћајница, какав је нпр. случај активирања клизишта код Сремских Карлова-



*Прилог 1. Оштећење на регионалном путу Београд - Нови Сад услед клизања терена (20. април 2006.) - фото: М. Месарош*

*Fig 1. Damage on the Regional motorway Belgrade - Novi Sad due to the sliding of the terrain*

ца на регионалном путу Београд – Нови Сад, где је честа појава пуцања и слегања асфалта дуж читавог профила. У угрожена подручја спадају и пруга Београд – Нови Сад код Чортановаца, где су недавно извршени врло опсежни санациони радови, као и сектор међународног коридора Е75, на стремској спојној страни моста код Бешке.

## Моделирање површине помоћу GIS-а

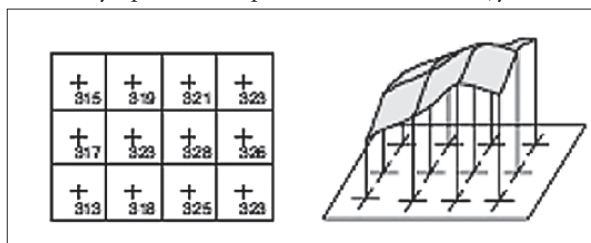
Моделирање површине представља претварање информација о висини терена у дигитални облик. Приликом моделирања врши се процес генерализације, јер је површина бесконачно сложена, и њено преношење у потпуности у рачунарски модел је технички неизводљиво. У зависности од потреба за које се модел израђује, бира се неки од начина представљања терена и степена генерализације. За мање детаљне потребе попут 3D визуелизације користе се модели са већим степеном уопштавања.

Најчешће коришћени начини представљања терена су следећи:

### а) Дигитални елевациони модел (DEM)

Дигитални елевациони модел представља правилну мрежу у којем свака ћелија (пиксел) носи запис о надморској висини терена. Резолуцију модела одређује величина ћелије која се изражава у метрима или километрима. Ћелија представља одређено подручје (нпр. 100x100 m) чија се нумеричка вредност одређује на основу надморске висине њеног средишта.

Интерполацијом се могу проценити вредности висине између тачака. DEM се врло често



Прилог 2. Шематски приказ дигиталног елевационог модела

Fig 2. Graphic presentation of the digital elevation model

користи и његова израда је релативно једноставна и јефтина.

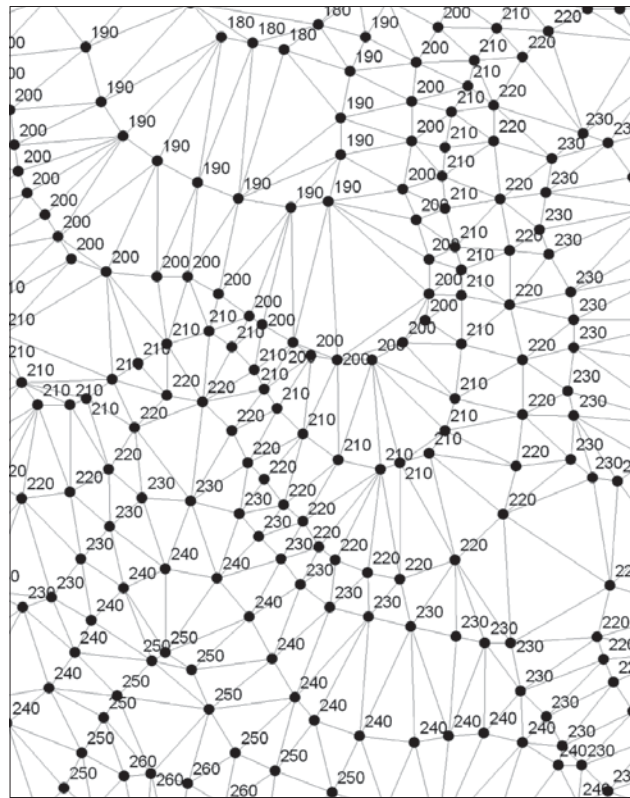
Основни недостатак ове врсте формата је пре свега чињеница да се у правилној мрежи тачака теже представљају форме као што су усамљени врхови или стрми одсеци који су мањи од величине једне ћелије. Такође, битнији недостатак поменутог формата је и величина фајла који се добија повећањем детаљности модела. (Zeiler, 1999).

### б) Неправилна мрежа троуглова (TIN)

ТИН модел се састоји од произвољно распоређених тачака које носе информацију о апсолутној висини и од троуглова који повезују поменуте тачке.

Елементи ТИН модела су:

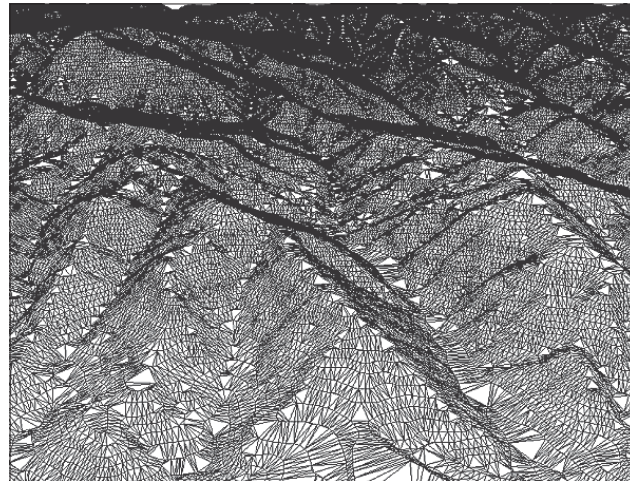
- *чворшина тачка (node)* - садржи информацију о висини одабране тачке на терену. Произвољан распоред ових тачака омогућава да се све површинске форме представе веродостојније од правилно распоређене растерске мреже DEM-а;
- *површина троугла (face)* - представља део терена који је ограничен ивицама троугла конструисаним спајањем чворшних тачака. Овај процес се обавља аутоматски на основу одабраног алгорита. Постоје многобројни начини триангулације, а најбоље резултате даје Делоне-ова (Delaunay) метода, помоћу које се добијају најмањи троуглови. Тро-



Прилог 3. Неправилна мрежа троуглова (TIN).

Свака чворишна тачка носи информацију о апсолутној висини

Fig 3. Irregular network of triangles (TIN). Each point carries the information on absolute height



Прилог 4. Изглед решеткастог приказа ивица неправилне мреже троуглова (TIN) у 3D

Fig 4. Image of the patterned representation of the irregular network of triangles (TIN) in 3D

углови се међусобно никада не пресецају. Техником бојења и сенчења површина троугла добија се веродостојан приказ терена;

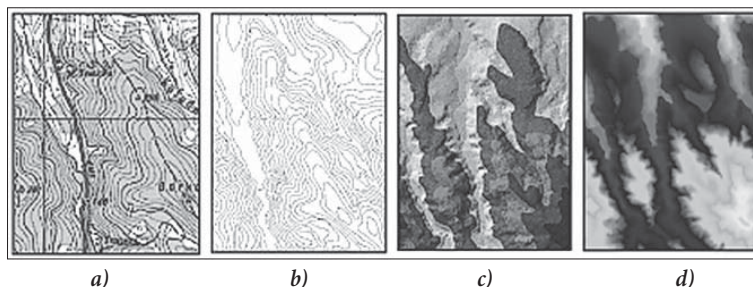
- ивице (*edges*) су линије које повезују чворишне тачке, и представљају ивице троуглова. (Zeiler, 1999).

## Поступци израде модела површине рељефа

Први корак у изради модела површине рељефа је проналажење информација о висини терена који желимо представити моделом. Неке од најчешће коришћених основа за стварање модела површине рељефа су:

- топографске карте
- стерео аеро или сателитски снимци
- сателитска радарска мерења

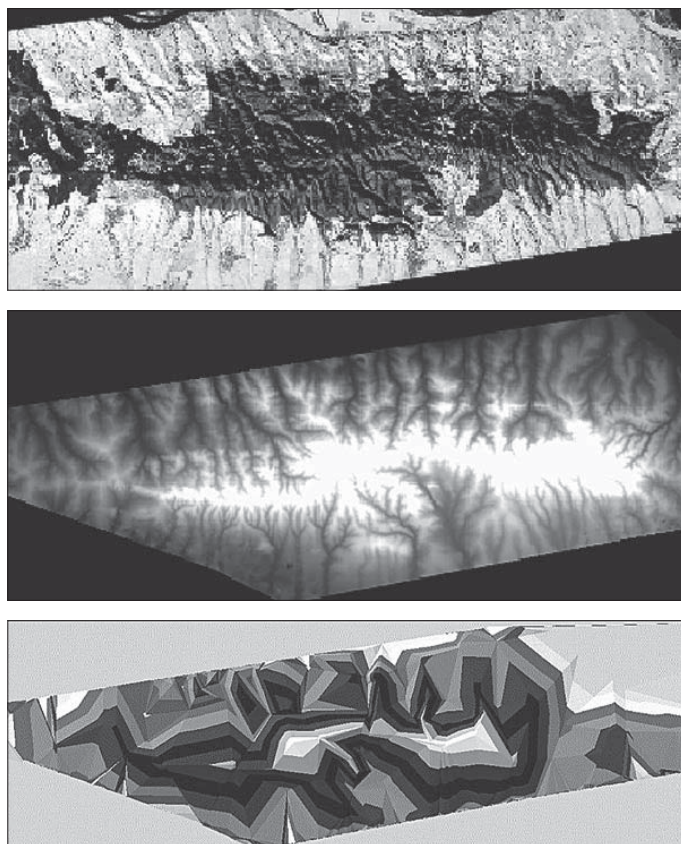
У нашем примеру за анализу су коришћена два DEM модела. За први модел информације о висини су добијене дигитализацијом изохипси и тригонометријских тачака са топографске карте размере 1:25000. Изохипсе су затим претворене у TIN модел помоћу модула 3D Analyst у програмском пакету ArcGIS. Други DEM је добијен је на основу стерео сателитског снимка CORONA.



Прилог 5. Поступак добијања TIN и DEM модела на основу топографске карте  
a) скенирана топографска карта; b) векторизоване изохипсе c) TIN модел; d) DEM

Fig 5. Process of obtaining TIN and DEM models based on monographic map  
a) scanned monographic map; b) vector isohipses c) TIN модел; d) DEM

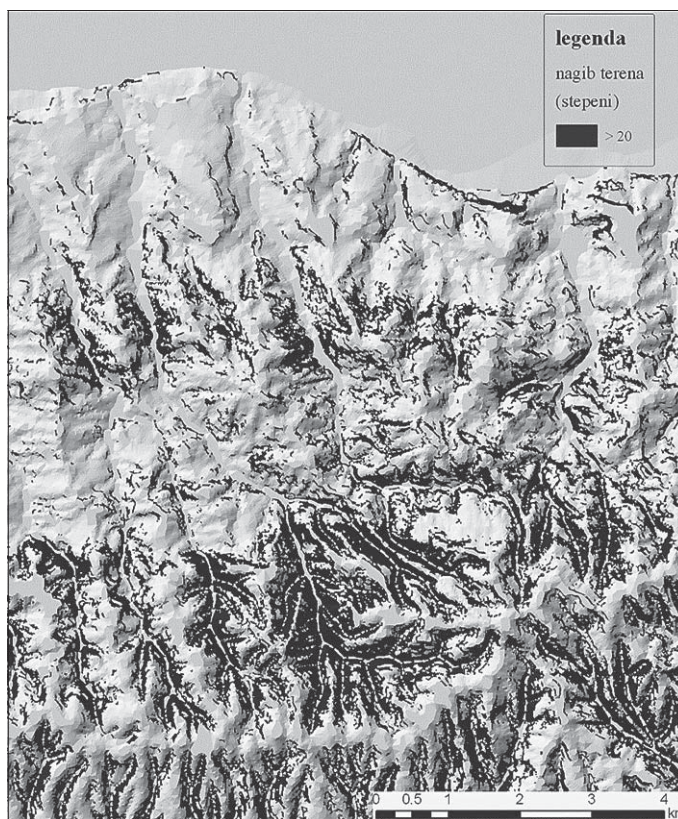
- скенирање топографске карте
- геореференцирање карте (повезивање скениране карте са стварним географским координатама)
- векторизација висинске основе (хипсометрија и тригонометријске тачке) са топографске карте. (прецртавање изохипси помоћу векторске графике)
- конверзија из векторског формата у TIN (тачке на основу којих се гради неправилна мрежа троуглова се узимају дуж изохипси)
- конверзија TIN у DEM (претварање неправилне мреже троуглова у растерски формат)
- скенирање филмова
- GPS мерења препознатљивих тачака са снимка на терену
- ортокорекција и геореференцирање сателитског снимка у програму OrthoBase Pro
- аутоматско генерисање DEM-а у програму OrthoBase pro (Mészáros M., et Al. 2006; Altmaier A., et Al 2002)



Прилог 6. Поступак добијања DEM и TIN модела на основу стерео сателитског снимка  
 Fig 6. Process of obtaining DEM and TIN models based on stereo satellite image

## Методe анализе модела

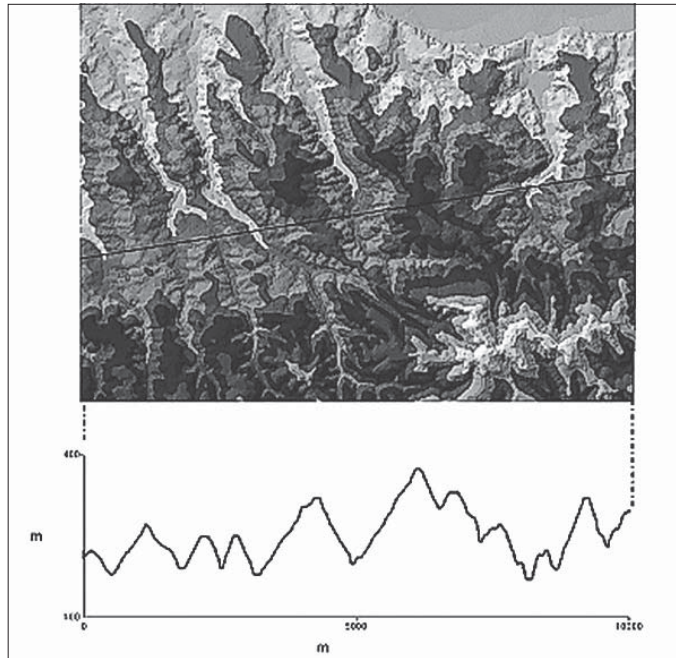
- карта нагиба терена - добија се на основу TIN или DEM модела и резултат упита може се такође представити и на TIN и на DEM моделу. Одабраном бојом означавају се делови терена који имају одређену вредност нагиба. Нагиби се могу изразити у степенима и у процентима.
- карта експозиције (оријентације) терена у односу на стране света - на тематској карти се методом боја означавају површине на основу оријентације. На бази овог се може добити приказ предиспозиције за осунчаност појединих локалитета, што је нарочито важан чинилац развоја вегетације, а осим тога утиче и на интензитет испаравања, механичко дробљење стена услед температурних разлика, затим дужине задржавање снежног покривача, итд.
- профили површине терена - са лакоћом се могу добити дуж одређене правилне или изломљене линије.
- аутоматизовано утврдити међусобну видљивост одабраних тачака на површини. Ова опција може имати важну примену у одређивању најповољнијих (у односу на пријем и дистрибуицију сигнала) локација за подизање радио одашиљача или базних станица мобилне телефоније.



Прилог 7. карта нагиба терена на северној падини Фрушке Горе  
(топографска карта 1:25000, секција NS 3-2)

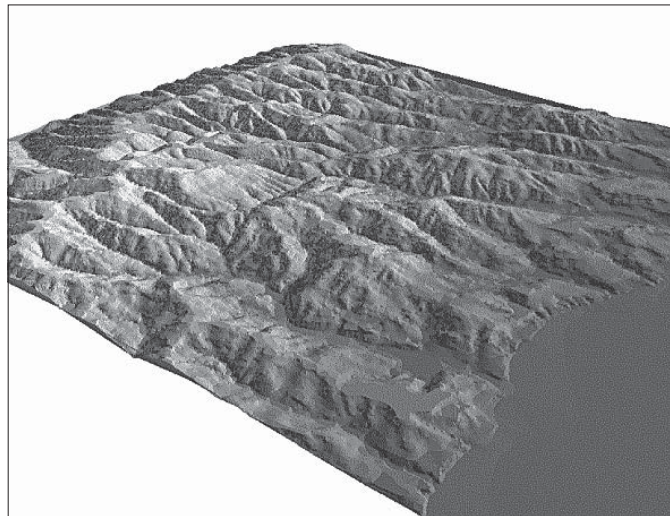
Fig 7. The map of the inclination of the terrain on the northern slope of Fruška Gora  
(monographic map 1:25000, section NS 3-2)

- геостатистичка евалуација терена - могуће је приказати одређене нумеричке особине рељефа, нпр. стварну и планиметријску површину терена, запремину земљишта између одређених висина, итд.
- сложени и комбиновани упити - комбинацијом више критеријума упита могу се добити тематске карте које приказују више одабраних параметара истовремено. (Нпр. издвојити терен нагиба до 10%, висине до 300 м и јужне експозиције).
- међусобно поређење разних модела - поређењем више DEM помоћу растерских аналитичких метода могу се представити промене настале на одређеном подручју. Нпр. поређењем два DEM из различитих периода могу се уочити настале разлике у висини.
- 3D визуелизација - модел рељефа се може приказати у тродимензионалном облику, што на пластичан начин пружа могућност свеобухватнијег сагледавања морфолошких прилика посматраног подручја.
- Генерисање хипсометријске карте по жељи - помоћу 3D модела са лакоћом се могу произвести карте изохипси за било коју одабрану висину и међусобну удаљеност изохипси.



Прилог 8. Пример профила на северној падини Фрушке Горе  
(топографска карта 1:25000, секција NS 3-2)

Fig 8. The example of the profile on the northern slope of Fruška Gora  
(topographic map 1:25000, section NS 3-2)



Прилог 9. 3D приказ модела рељефа дела северне падине  
Фрушке између Беочина и Черевиха

Fig 9. 3D image of the relief model of the part of the northern slope of Fruška Gora  
between Beočin and Čerević



## Закључак

Примена GIS-а у геоморфолошким проучавањима без сумње доноси нови квалитет и могућност свеобухватнијег увида у процес настанка и развоја површинских форми рељефа. Посебно је важно да се употребе сва техничка средства која су на располагању у заштити природног блага и у обезбеђивању услова за њихово најсврхисходније коришћење.

Проблеми који се јављају приликом израде и имплементације GIS модела проистичу из неповољних друштвених услова, недовољног степена информатизације у земљи, малог броја стручњака као и недостатка развијеног тржишта географских података.

Да би се умањиле штете како на квалитету животне средине тако и на привредним објектима и инфраструктури на простору Фрушке Горе, као рањива природна целина која је изложена све већем степену експлоатације мора бити пажљиво праћена и проучавана.

Осим фундаменталних геоморфолошких проучавања, важно је спроводити примењива истраживања, и резултате интегрисати у јединствени географски информациони систем са свим осталим природним и друштвеним чиниоцима.

Назначајније би, према томе могло бити периодично праћење процеса еволуције површине Фрушке горе, на основу које би се могле препознати негативне тенденције повећане ерозије и ризика од активирања клизишта. Овај задатак би могао бити у великој мери олакшан применом метода даљинске детекције и географских информационих система, али без добре координације надлежних органа власти, научних институција и локалне заједнице ни најмодернија техничка средства не могу бити од помоћи.

## Литература

1. Zeiler, M. (1999): *Modelling Our World*, Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands
2. Mészáros, M. , Szatmári J., Tobak Z., Mucsi L. (2006): *Digitális domborzatmodellek előállításа és alkalmazása sztereo Corona űrfelvételek alapján*, *Geodézia és Kartográfia* 4/2006, Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési társaság, Budapest
3. Altmaier, A., Kany C. (2002): *Digital surface model generation from CORONA satellite images*. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 56 (2002) 221– 235.
4. Bonin, O., Rousseaux F. (2005): *Digital Terrain Model Computation from Contour Lines*, Institut Geographique National, COGIT Laboratory, Saint-Mande Cedex, France
5. Sprague, K., De Kemp, E.(2004): *Interpretive Tools for 3-D Structural Geological Modelling Part II: Surface Design from Sparse Spatial Data*, NRCAN/ESS/ESS INFO GeoInformatics, Ottawa, Canada