

910.1:007

Сања Мустафић, Предраг Манојловић, Славољуб Драгићевић*

ПРИМЕНА ТЕЛЕДЕТЕКЦИОНИХ МЕТОДА И ГИС-а У ИСТРАЖИВАЊИМА ЕРОЗИВНИХ ПРОЦЕСА

Abstract: Modern geomorphologic investigations of condition and change of the intensity of erosive process should be based on application of remote sensing methods which are based on processing of aerial and satellite photographs. Using of these methods is very important because it enables good possibilities for realizing regional relations of the investigated phenomenon, as well as the estimate of spatial and temporal variability of all physical-geographical and anthropogenic factors influencing given process. Realizing process of land erosion, on the whole, is only possible by creating universal data base, as well as by using of appropriate software, more exactly by establishing uniform information system. Geographical information system, as the most effective one, the most complex and the most integral system of information about the space enables unification as well as analytical and synthetically processing of all data.

Key words: remote sensing methods, GIS, erosive process, geomorphology.

Увод

Ерозија земљишта, као глобални феномен и интегрални део географског простора, спада у групу најраспрострањенијих процеса на Земљи. Како настаје интеракцијом великог броја фактора, њено проучавање захтева један интердисциплинарни приступ, који мора бити заснован како на аналитичком, тако и на синтезном нивоу.

Сагледавање процеса ерозије у целини једино је могуће кроз формирање свеобухватне базе података, односно успостављање јединственог информационог система. Као најефикаснији, најкомплекснији и најинтегралнији систем информација о простору свакако је ГИС. Примена ових технологија омогућава да се сви релевантни подаци адекватно прикупе, систематизују, претраже, анализирају и на крају прикажу. У том смислу ГИС представља кохезиону компоненту која омогућава повезивање свих врста података у једну функционалну целину (Ђорђевић Ј., Штрбац Д., 2007).

* мр Сања Мустафић, др Предраг Манојловић, др Славољуб Драгићевић, Географски факултет, Студентски трг 3, Београд

Формирање базе података за потребе проучавања ерозивних процеса

У Лабораторији физичке географије Географског факултета у Београду прва систематски формирана географска база података, која гравитира ГИС-у, настала је за потребе проучавања интензитета хемијске ерозије Србије. Након двадесетогодишњег периода проучавања тог типа ерозије, отворила су се нова поља истраживања – механичка водна ерозија.

Интензитет ерозије зависи од више фактора. Они се могу поделити у оне који су детерминисани природним појавама и процесима и оне које директно или индиректно иницира човек. Од природних фактора најзначајнији су рељеф, плувиометријски режим, температура ваздуха. С тим у вези су хидролошки параметри, пре свега висина и брзина отицаја, који су у садејству са педолошким и вегетацијским катеристикама слива. Антропогени фактор се, пре свега, огледа у начину коришћења земљишта.

Према томе, да би се добили егзактни и валидни резултати, потребан је велики број улазних параметара. Како је крајњи циљ ове врсте истраживања добијање објективне слике стања ерозивних процеса неке изабране територије, самим тим квалитет и оцена поузданости крајњих ГИС производа зависи, пре свега, од нивоа квалитета улазних података. Из тог разлога морају се успоставити заједнички показатељи који би представљали општу меру квалитета тих података, а то су њихова тачност, поузданост и веродостојност (Јоксић Д., Бајат Б., 2007).

Да би се дефинисао жељени квалитет изабраног скупа података, морамо имати на располагању одговарајуће *методе истраживања*. Услед великог броја податка, као и њихове припадности различитим категоријама, неопходна је њихова нумеричка обрада. Уочавање суштине проучаване појаве, њеног тренда, као и појединачног и интерактивног утицаја свих диференцираних фактора који на њу делују, немогуће је без одговарајуће статистичке подршке. Због тога се примена *математичко-статистичких метода* намеће се као нужна потреба. За потребе проучавања интензитета ерозије најадекватне су се показале две групе ових метода: дескриптивне статистичке методе и функционалне статистичке методе. Прве служе да би се стеко увид у елементарна обележја проучаване појаве (аритметичка средина, стандардна погрешка аритметичке средине, средње аритметичко одступање, стандардна девијација, коефицијент варијабилности и дистрибуција фреквенци); док друге указују на сродност података, односно тип, јачину и карактер веза између појединих параметара (коефицијент корелације, регресиона, факторска и анализа временских серија).

Како финална карта интензитета ерозивних процеса треба да пружи увид у просторно-временску променљивост проучаване појаве, за детаљније сагледавање просторних разлика потребно је оперисте са малим површинама. У том смислу потребно је формирати мрежу јединичних поља, односно одговарајући *"грид си-*

стем". Досадашња истраживања (Манојловић П., 1992а, 1992б) показала су да за потребе истраживања интензитета хемијске ерозије није потребно располагати јединичним пољима мале површине. Довољно имати јединична поља димензије 1x1 km (Драгићевић С., 2007). Како је механичка водна ерозија ексцесивна и условљена различитим физичко-географским и антропогеним факторима чија промена на микро нивоу знатно утиче на интензитет самог процеса (Мустафић С., 2007), то се наметнула потреба за јединичним пољима мање површине. Захваљујући савременим, тј. сателитским осматрањима и мерењима у могућности смо да располажемо јединичним пољима површине и до 15 x 15 m.

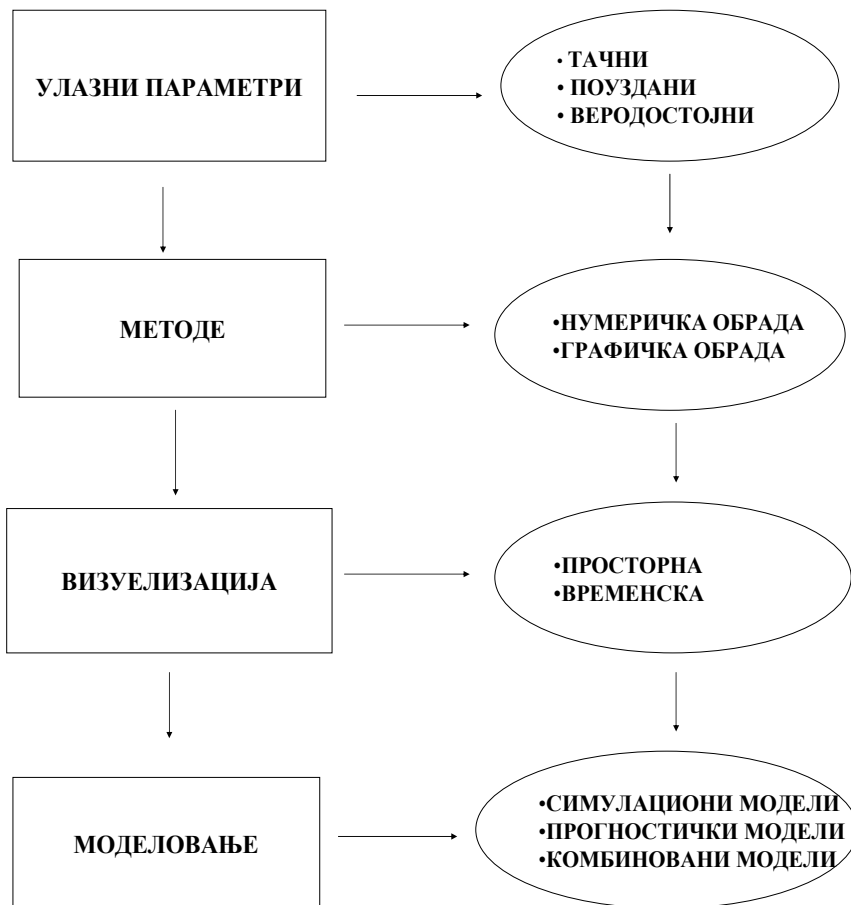


График 1. Фазе формирања ГИС-а
за потребе проучавања интензитета ерозивних процеса.

Методологија "грид система" пружа нам могућност добијања података о морфометријским карактеристикама терена (минимална, максималан и средња надморска висина, хоризонтално растојање између њих, нагиб терена) на сваком усвојеном јединичном пољу истраживаног простора. Ови подаци представљају подлогу за израду квантитативних геоморфолошких карата (хипсометријска карта, карта енергије рељефа, карта углова нагиба, карта експозиције рељефа) неопходних за утврђивање потенцијала ерозије одређеног простора (Манојловић П., Драгићевић С., Мустафић С., 2004). За оцену квалитативне и квантитативне анализе терена данас су у употреби модели добијени применом *теледетекционих метода* (Burrough P., McDonnell R., 2006). Овај нови приступ у геоморфологији заснива се на топографској нормализацији сателитских снимака (Bishop M., Shroder J., Colby J., 2003) коришћењем *дигиталног модела висина* (Digital Elevation Model – DEM) у корелацији преко контролних тачака са топографске карте 1:50.000. Као резултат ових снимања јавно је доступан SRTM дигитални модел терена чија је једна сцена димензија 1x1 степен и који је направљен од матрице 1024 x 1024 са величином ћелије око 90 m. На територији Републике Србије величина ове ћелије износи око 67 x 67 m. Преклапањем генерисане грид мреже са дигиталним моделом висина, уз услов да се свакој ћелији грида придруже две тачке од којих једна има максималну, а друга минималну вредност при чему се положај ове две тачке налази у оквиру одговарајуће грид ћелије, остварена је могућност израчунавања средње надморске висине и угла нагиба сваког јединичног поља (Dragičević S., Kostadinov S., Sandić D., 2007).

Креирање DEM –а има још једну примену приликом проучавања ерозивних процеса. Успостављањем математичке зависности између надморске висине (подаци за квантитативну анализу терена) и просечне годишње висине падавина и температуре ваздуха добијамо изохијетну карту, карту специфичних отицаја и изотермну карту као подлоге финалне карте ерозије земљишта.

Да би се омогућило добијање крајњег производа, односно вредности продукције наноса за свако издвојено јединично поље, неопходно је да утврдимо какав је начин коришћења земљишта на неком простору (Гавриловић С., 1972). Системи даљинске детекције, односно анализа спектралних информација сателитских снимака, обезбеђују нам добијање информација о типу вегетације, односно намени земљишта. У ту сврху на простору Србије (Драгићевић С., Костадинов С., Сандић Д., 2007) коришћени су сателитски снимци LANDSAT 7. За идентификацију и класификацију вегетације употребљен је тзв. NDVI индекс - Normalized Difference Vegetation Index (Tucker J. C., 1979) који се добија математичком трансформацијом, при чему се улазни параметари анализирају у више бандова (Infrared и Near-Infrared бандови). Додатна калибрација овако формираног класификационог модела врши се преко псеудоколер снимка који је настао комбинацијом R, G и B бандова (плави, зелени и црвени спектар), при чему је резолуција псеудоколер снимка са стандардних 30 m подигнута на резолуцију од 15 m.

Примена наведених метода и нумеричка обрада одабраних параметара своју верификацију, оцену и практичну примену може имати тек увођењем визелизације

у систем. Напредак у сфери даљинске детекције и ГИС технологијама дозвољавају процену просторне и временске променљивости свих релевантних физичкогеографских, али и антропогених фактора који су укључени у сам процес ерозије. У том смислу, неопходо је коришћење одговарајућих програмских пакатета који на најадекватнији начин указују на просторно-временску визуелну анализу различитих врста дигиталних података. За сагледавање стања ерозивних процеса као најпогоднији, у смислу графичке обраде, показао се софтверски програм GEOMEDIA (Мустафић С., 2006). Значај визуелизације овако разноврсних података огледа се у чињеници да она, не само што је од велике помоћи у решавању постављених проблема, већ може да доведе и до постављања нових хипотеза (Walsh S. At oll., 2003), рецимо релационих или каузалних.

Овако конципиран начин проучавања интензитета ерозивних процеса резултира развоју бројних концептуалних и квантитативних *модела* (Shroder J., Bishop M., 2003), који могу да одсликавају механику самог процеса ерозије, али и свих пратећих фактора који имају веће или мање дејство на сам процес. Сама класификација модела може бити различита: заснована на механици самог процеса, методолошким концепцијама, каузалним и имплементацијским односима фактора и сл. За овакав тип истраживања интегрисани *симулациони модели* на најадекватнији начин омогућавају одређивање ефеката свих релевантних фактора, као и њихов интеракцијски однос, на интензитет ерозивних процеса. С друге стране, довољно реалистичне компјутерске симулације, проистекле из конкретних теренских истраживања, пружају нам могућност сагледавања реалног стања ерозивних процеса на изабраном простору. У том смислу верификација резултата добијених симулационим моделовањем са подацима прикупљеним на терену има кључни значај приликом реалног предвиђања просторно-временске дистрибуције интензитета ерозивних процеса проучаване територије (*прогностички модели*). Према томе, последња фаза приликом оваквих истраживања односи се на формирање, односно примену *комбинованих модела* који на најреалистичнији начин омогућавају разумевање површинских процеса, као и повратне механизме између физичкогеографских и антропогених фактора, односно природе и друштвене средине.

Значај и примена теледетекционих метода и ГИС-а

Резултати овако дефинисаних квантитативних модела, односно прогнозирање и верификација њихових ефеката потпуно губе свој практичан значај, уколико не постоје поуздани улазни подаци и одговарајуће методе њихове обраде. Другим речима, резултати зависе од три фактора: квалитета података, квалитета модела, и начина на који подаци и модели утичу једни на друге (Burrough P., McDonnell R., 2006). Тек са оваквим методолошким поставкама може се говорити о квалитету дигиталних података, који на крају омогућавају кориснику процену њихове погодности за одређену намену. Подаци добијени технологијама даљинске детекције икорпорирани у одговарајући географски информациони систем представљају огромну базу података чија је применљивост велика. База података

формирана на овакав начин омогућава да сви подаци буду лако доступни, проверљиви, инегрисани, потпуни и квалитетни.

У том смислу, наведени приступ у истраживању ерозивних процеса има фундаментални, али и апликативан значај. Фундаментални значај огледа се могућности сагледавања сложеног нивоа диференцијалне анализе веза и каузалних односа различитих елемената географске средине, који делују један на други, а све у циљу утврђивања и формулисања законитости самог процеса.

Како мониторинг животне средине обухвата контролу свих ресурса природне средине, загађивача и загађујућих материја (Љешевић М., 2002), он мора да обухвати сагледавање и процену утицаја ерозије земљишта на квалитет и стање животне средине у смислу дефинисања последица које овај процес изазива. Примена метода даљинске детекције у том погледу је вишеструка: пружа нам могућност сагледавања великих регионалних површина, детаљне информације о тешко приступачним теренима, могућност систематског праћења појава и процеса од значаја за ерозију земљишта, лоцирање најугроженијих еродибилних зона, али и утврђивање потенцијалних зона угрожености природне средине.

С друге стране, овакав начин истраживања интензитета ерозивних процеса излази из оквира саме геоморфологије, јер може да пружи добру основу за комплексну компаративну анализу простора. На овај начин и стручњаци других профила могу да овако формирану базу података искористе и у своје сврхе, као што су:

- адекватно планирање коришћења земљишта,
- брже и лакше праћење, планирање, уређење и коришћење простора,
- могућност детаљне процене опасности од ерозије и проналажења правовремених решења примене антиерозивних мера заштите,
- ревитализација брско-планинских предела и сл.

Према томе овакав приступ има за циљ да се процес ерозије земљишта не посматра као појединачна (изолована) појава, већ као интегрални елемент целовитог геопростора.

Уколико се има у виду да је једна од европских иницијатива и формирање геоинформационе инфраструктуре, национална геопросторна база података као основа за управљање простором и животном средином (Смиљанић С., Кукрика М., Сандић Д., 2007) свакако мора да садржи и податке везане за ерозију земљишта. Посматрано са тог аспекта, значај ове базе података утолико је већи.

Закључак

Географски информациони системи пружају нам широк распон могућности анализе и синтезе, које се могу употребљавати на различите начине. Аналитичке могућности овако формиране базе података организоване су тако да се свака врста

анлизе једног параметра може извести или засебно или у комбинацији са другима параметрима. Могућности синтезе су вишеструке, а најадекватније су престављене визелизацијом различитих врста дигиталних податка, као и могућношћу изналажења и примене различитих врста модела. Може се закључити да са растућим потребама геоморфолога, успостављањем нових питања и хипотеза, рачунарско-софтверска анализа и моделовање у геоморфологији представљају незаобилазан правац истраживања.

Литература

Bishop M., Shroder J., Colby J. (2003). Remote sensing and geomorphometry for studying relief production in high mountains. *Geomorphology, Volume 55*, Elsevier.

Burrough P., McDonnell R. (2006). *Principi Geografskih Informacionh Sistema*. Beograd: Građevinski fakultet.

Гавриловић С. (1972). Инжењеринг о бујучним токовима. *Часопис "Изградња"*, специјално издање, Београд.

Драгићевић С. (2007). *Доминантни ерозивни процеси у сливу Колубаре*. Београд: Географски факултет, Јантар група.

Dragičević S., Kostadinov S., Sandić D. (2007). GIS application in erosive processes modeling. *International conference "Erosion And Torrent Control As A Factor In Sustainable River Basin Management" – marking 100 years of experience with erosion and torrent control in Serbia*, Belgrade.

Ђорђевић Ј., Штрбац Д., (2007). ГИС – на примеру Просторног плана Републике Српске. *Зборник радова, Први конгрес српских географа, књига 3*, Београд.

Јоксић Д., Бајат Б., (2007). Оцене квалитета ГИС производа. *Зборник радова, Први конгрес српских географа, књига 3*, Београд.

Љешевић М. (2002). *Теорија и методологија истраживања животне средине*. Београд: Географски факултет.

Манојловић П. (1992а). *Хемијска ерозија као геоморфолошки процес – теоријски, аналитички и методолошки приступ*. Београд: Природно-математички факултети, Географски факултет, Лабораторија физичке географије.

Манојловић П. (1992б). Методологија израде карте интензитета хемијске ерозије Србије. Београд: *Зборник радова, Географски факултет, Универзитет у Београду, св. 39*.

Манојловић П., Драгићевић С., Мустафић С., (2004). Основне морфометријске карактеристике рељефа Србије. *Гласник Српског географског друштва, LXXXIV, бр. 2, Београд*.

- Мустафић С. (2006). *Ерозија у сливу Темитице*. Београд: Географски факултет, магистарски рад.
- Shroder J., Bishop M. (2003). A perspective on computer modeling and fieldwork. *Geomorphology, Volume 53*, Elsevier.
- Смиљанић С., Кукрика М., Сандић Д., (2007). Геоинформациона инфраструктура у функцији одрживог развоја. *Зборник радова, Први конгрес српских географа, књига 3, Београд*.
- Tucker C. J., (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment, 8*.
- Walsh S. At oll., (2003). Mapping, modeling, and visualization of the influences of geomorphic processes on the alpine treeline ecotone, Glacier National Park, MT, USA. *Geomorphology, Volume 53*, Elsevier.

Sanja Mustafic, Predrag Manojlovic, Slavoljub Dragicevic

APPLICATION OF REMOTE SENSING METHODS AND GIS IN EROSIIVE PROCESS INVESTIGATIONS

Summary

As the main aim of this kind of the investigation is getting objective picture of the condition of erosive process on certain territory, the quality and estimate of assurance of final GIS products depends, first of all, of quality level of input data. In order to define desired quality of chosen group of data, we should have at disposal appropriate methods of the investigations. With great amount of data as well as it's belonging to different categories, noticing of the essence of the investigated phenomenon, its trend as well as individual and interactive influence of all influencing factors, is impossible without certain statistical support. As the final map of the intensity of erosive process should give insight in spatial-temporal variability of the investigated phenomenon, for detailed perceiving of spatial differences we should take in analyses small areas. Considering this it is necessary to form network of unit fields, actually appropriate grid-system. Methodology of grid system leaves possibility of getting data about morph-metric characteristics of the field, which are base for quantitative geomorphologic maps (map of relief energy, map of angle of slope, map of relief exposition). For the estimate of qualitative and quantitative analyses of the field, models obtained by application of remote sensing methods are used. This new approach is based on topographic normalization of satellite data by using of Digital Elevation Model-DEM. In order to get final product, the values of production of deposits for every unit field, it is necessary to establish the way of land utilization. For that purpose on the territory of Serbia satellite

images LANDSAT 7 are used. For identification and classification of vegetation NDVI Index - Normalized Difference Vegetation Index is used. Application of above mentioned methods as well as numerical processing of selected parameters. Verification; estimate and practical application would have only by introduction of visualization in system. For spatial-temporal analyses of different kind of digital data, in the meaning of graphical processing, as the best is software GEOMEDIA.

Geographic informational systems give a wide range of possibilities for analyses and synthesis, which can be used on different ways. Analytical possibilities of this data base are formed on the way that every kind of analyses of datum could be performed separately or in combination with other parameters. Possibilities of synthesis are wide, too. The most adequate are presented by visualization of different kind of digital data, as well as by possibility of discovering and applying different kind of models (Simulation, Prediction). We can conclude that with needs growth of scientist in geomorphology and with establishing of new question and hypothesis, software analyses and modeling in geomorphology are unavoidable direction of the investigation.