

Мирослав МАРКОВИЋ
Радмила ПАВЛОВИЋ
Томас ЧУПКОВИЋ
Рударско-геолошки факултет, Београд

Квантитативна геоморфолошка анализа - један од праваца даљег развоја геоморфологије

Quantitative Geomorphological Analysis - a Direction of Further Development of Geomorphology

Извод: Класична, фундаментална геоморфологија, заснована на дескрипцијом принципима, више не задовољава потребе истраживања, посебно оних са апликативним карактером. Савремена истраживања захтевају квантитативне параметре, геоморфолошко картирање и одговарајућу графичку документацију. Историја квантитативне геоморфолошке анализе мери се деценијама. Ниво ових истраживања знатно је, међутим, нижи од захтева које пред њих поставља наша пракса.

Развој рачунарске технике отвара нове могућности квантитативне геоморфологије. Дигитални елевациони модели рељефа, могућности скенерског читавања података са топографских карата, аероснимка и сателитских снимка и њихово дигитално представљање омогућују брзо и веома рационално прикупљање битних параметара рељефа. Компјутерска обрада своди сложене математичко-статистичке операције и графичку манипулацију подацима на једноставне рутинске поступке.

Рад приказује елементарне принципе и поставке квантитативне геоморфологије. Посебна пажња посвећена је ограничењима оваквих испитивања. Дат је преглед основних поступака, принципа интерпретације и примене добијених података. Као закључак износи се тврдња да квантитативна геоморфолошка анализа треба да представља један од праваца даљег развоја геоморфологије.

Кључне речи: квантитативна геоморфолошка анализа, морфометрија

Abstract: Classic, fundamental geomorphology, based on descriptive methodology, does not satisfy needs of present investigations, especially of those with applicative character. Contemporaneous researches ask for quantitative parameters, geomorphological mapping and appropriate graphic documentation. The history of quantitative geomorphological analysis counts decades. However, the level of this investigation is considerably lower than our practice demands.

Developmet of computer technique opens new possibilities for quantitative geomorphological researches. Digital elevation models of relief, the possibility of reading data from topographic maps, aerial photos and satellite images by scanner, and their digital presentation enable fast and very rational obtaining of relief crucial

parameters. Computer elaboration makes complex mathematical and statistical operations and graphic manipulation with data simple and routine ones.

In this paper the basic principles of quantitative geomorphological analysis are presented. The attention is paid to the possibilities and to the limitations of these investigations. The review of elementary operations, principles of interpretation and applications of obtained data is given. The statement that quantitative geomorphological analysis has to be one of directions of further development of geomorphology is offered as the conclusion.

Key words: quantitative geomorphological analysis; morphometry.

У в о д

Геоморфологија, најшире дефинисана као наука о рељефу, обухвата мултидисциплинарну област у којој се сусреће и делом преклала више научних дисциплина. Широк круг стручњака, чија је делатност непосредно везана за површину Земље, свакодневно се у пракси среће са различитим аспектима изучавања рељефа терена. То су инжењери геологије и географи различитих специјалности, инжењери шумарства и пољопривреде, грађевински инжењери, геодети, војни стручњаци и бројни други.

Фундаментална геоморфологија, изразито дескриптивног карактера, више не задовољава захтеве савремених истраживања површине Земље, посебно оних са наглашеним апликативним усмерењем. Потребне оцене стабилности падина, издвајања подручја појачане ерозије, одн. акумулације, оцене могућности услова пројектовања великих енергетских објеката, комуникација и сл., израда просторних планова и оцене употребљивости терена уопште, утврђивање најмлађе тектонске активности и сеизмотектонског ризика, само су део истраживања која се заснивају на геоморфолошким проучавањима. Уобичајени описи и прикази геоморфолошких односа овде више нису довољни. Савремена изучавања рељефа захтевају комплексну геоморфолошку анализу, квантитативно исказане параметре, геоморфолошко картирање и одговарајућу графичку документацију.

Развој квантитативних геоморфолошких изучавања мери се деценијама. Поједини поступци предвиђени су и различитим стандардима, упутствима за израду геоморфолошких карата одређених размера, или су експлицитно наведени у захтевима корисника истраживања. Елементарни принципи могу се наћи у страниј и оскудној домаћој литератури.

Ниво савремених квантитативних геоморфолошких истраживања заостаје, међутим, за потребама и захтевима који се пред њих стављају. Разлози леже првенствено у недовољном познавању овог изузетно значајног аспекта геоморфолошких истраживања. Методама квантитативне геоморфолошке анализе влада тек уски круг стручњака. Обимна математичко-статистичка обрада параметара такође представља одређену препреку широј примени ових поступака.

Развој и најшира доступност рачунарске технике отварају нове просторе за квантитативна геоморфолошка испитивања. Израда дигиталних модела рељефа, скенерска и дигитална читавања податка са топографских карата, аероснимака и сателитских снимака омогућавају брзо и економично добијање битних параметара рељефа. Рачунарска обрада своди математичко-статистичке поступке на брзе, поуздане и крајње рационалне операције, чије извођење не захтева посебна знања. Могућност графичке манипулације добијеним резултатима употпуњује слику веома великих савремених могућности квантитативног изучавања рељефа.

Комплексна, квалитативна и квантитативна геоморфолошка анализа

Геоморфолошка анализа подразумева примену комплекса метода при проучавању процеса у којима настаје рељеф, својстава и развоја рељефа у времену, зависности рељефа од геолошке грађе, његових бројчаних параметара и савремених процеса његове измене (*Марковић М.*, 1983). Поступци проучавања могу се изводити квалитативно и квантитативно.

Задатак геоморфолошке анализе представља утврђивање геоморфолошких процеса и рељефа у целини. Овако свестрано сагледавање обухвата морфографски, морфометријски, морфогенетски и морфохронолошки аспект проучавања, са коначним циљем да се геоморфолошка еволуција проучаваног терена повеже са геолошком грађом и објасни најмлађом геолошком историјом терена.

Морфометријски аспект анализе подразумева инвентар, или катастар облика, уз утврђивање њихових својстава. Морфометрија обухвата одредбу величинских параметара процеса, облика и рељефа у целини, систематско мерење ових параметара, њихову математичко-статистичку обраду, приказ и интер-

претацију. Морфогенетски аспект истраживања захтева идентификацију облика према процесу њиховог настанка и утврђивање геоморфолошких односа, тј. одредбу међусобних просторних и временских односа појединих облика. Резултат морфогенетских истраживања је дефинисање и издвајање генетских типова рељефа.

Морфохронолошка истраживања имају за циљ утврђивање просторних, а нарочито временских односа појединих генетских типова рељефа. На основу добијених података обавља се реконструкција геоморфолошке еволуције. Овај део истраживања већ чини прелаз из аналитичког поступка у синтезу. Објашњење геоморфолошке еволуције значи њено повезивање са геолошком грађом и најмлађом геолошком историјом, пре свега са најмлађом тектонском и магматском активношћу терена. Овај, најзначајнији део истраживања у суштини представља синтезу свих резултата геоморфолошке анализе и њен коначни циљ.

Геоморфолошка испитивања се могу извести квалитативно и квантитативно. Квалитативна анализа обавља се теренским осматрањима, проучавањем топографских и геолошких карата и испитивањем сателитских и аероснимака. Добијени резултати се по правилу приказују дескриптивно, текстуално, документовани најчешће топографским картама, скицама, цртежима, фотографијама, реље и табелама података.

Геоморфолошке карактеристике, одређена својства морфолошких процеса, облика и рељефа у целини, могу се исказати и квантитативно, путем бројчаних параметара. Дефиниција морфолошких карактеристика једне области количинским показатељима захтева мерења. Поступак утврђивања и одредбе ових параметара носи општи назив "морфометрија".

Појам квантитативне геоморфолошке анализе обухвата целокупан процес утврђивања и мерења величинских параметара процеса и рељефа, њиховог систематског мерења, математичко-статистичке обраде, графичког приказа и, разумљиво, интерпретације добијених резултата. На тај начин квантитативна геоморфолошка анализа се може дефинисати као метод прикупљања квалитативно нових података о геоморфологији испитиваног терена путем проучавања односа његових квалитативно исказаних својстава.

Квантитативна испитивања се такође могу извести на терену. Много чешће основу за анализу пружају топографске

подлоге (подаци геодетских мерења, топографске карте, дигитални модели терена, итд), или сателитски снимци и аеростереоснимци, на којима се обављају прецизна мерења стереомодела, израђују дигитални елевациони модели за даљу рачунарску обраду, итд. Поступци квантитативне геоморфолошке анализе подразумевају математичко-статистичку обраду, а добијени резултати се приказују различитим врстама дијаграма, катрама изолинија, блокдијаграмима и сл.

Појединачно изведена и квалитативна и квантитативна испитивања могу имати значај тек оријентационе хиппотезе. Квалитативна испитивања рељефа сама по себи нису потпуна, нити су довољно поуздана. Утврђивање и приказ својстава рељефа, посебно реконструкција геоморфолошке еволуције и њено повезивање са геолошком грађом и најмлађом геолошком историјом терена, захтевају квантитативне одредбе и другачији, савременији и применљивији начин приказа података. Овакав приступ изучавању рељефа обезбеђује квантитативна геоморфолошка анализа.

Са друге стране, избор релевантних количинских параметара извршен без сагледавања геоморфолошких односа и еволуције рељефа, што иначе пружају квалитативна изучавања, постаје крајње хипотетичан и непоуздан. Насупрот томе, квантитативни поступак заснован на резултатима квалитативне геоморфолошке анализе пружа могућност провере и допуне створене концепције, као и добијање егзактних величинских података о геоморфолошким односима у проучаваној области.

Анализа која обухвата и квалитативни квантитативни приступ проучавању рељефа носи назив "комплексна геоморфолошка анализа". Издавање и обављање само квалитативних геоморфолошких испитивања нужно води непотпуним, понекад и погрешним закључцима. Нити се одређена особина рељефа може дефинисати искључиво дескрипцијом, нити пак бројчане вредности могу у потпуности да одразе геоморфолошке односе. Квалитативна и квантитативна проучавања морају се третирати као елементи који се међусобно допуњавају у јединственом процесу комплексне геоморфолошке анализе.

У нашој, али и у светској геоморфологији још увек доминирају квалитативна испитивања. Квантитативна геоморфолошка анализа се јавља као изузетак, а не као обавезни саставни

део проучавања рељефа. Захтеви за квантитативним испитивањима све су, међутим, учесталији. Они долазе првенствено од корисника резултата геоморфолошких проучавања. То су стручњаци који резултате геоморфолошке анализе примењују у пракси, који своја истраживања, планирања и пројектовања заснивају на њима. Стога се може тврдити да квантитативна геоморфолошка анализа треба и мора да представља један од праваца даљег развоја геоморфологије.

Основни поступци квантитативне геоморфолошке анализе

Број величинских параметара који са различитих аспеката могу дефинисати геоморфолошки процес, неки његов део, појединачне облике, или рељеф у целини, практично је неограничен. Суштинско питање при томе је у коликој мери сваки од њих одражава сложене унутрашње односе рељефа. Досадашња искуства дозвољавају издвајање проверених поступака квантитативних испитивања рељефа и њихову генералну поделу у четири основне категорије.

Непосредна мерења. - Непосредна мерења обухватају податке који се могу директно прочитати, или измерити на топографској карти или аероснимку, евентуално и на терену. Поред елементарних података као што су хоризонтална и вертикална растојања појединих тачака (дужине, ширине и висине, одн. дубине појединих облика), овде спадају анализе нагиба падена, хипсометријске анализе, анализе вертикалне рашчлањености рељефа (анализа енергије рељефа), анализе хоризонталне рашчлањености рељефа (анализа густине дренаже, анализа учесталости крашких облика и сл.), анализе оријентације појединих облика или елемената рељефа, итд.

Реконструкције ранијих фаза рељефа. - За утврђивање тока развоја рељефа у времену неопходне су реконструкције његовог изгледа у претходним фазама морфолошке еволуције терена. Реконструисани рељеф се приказује квантитативно, путем изохипси. Реконструкција се заснива на топографској елиминацији ефеката млађих егзогених измена. Ово се може извести логичким путем, стереоскопском анализом аероснимака, или формално, повезивањем највиших кота унутар јединичних површина. Оба поступка дају задовољавајуће добре резултате. Повећање или смањење јединичне површине дозвољава реконструкције из даље или ближе етапе морфолошке еволуције терена.

Наведени поступци квантитативне геоморфолошке анализе омогућавају реконструкције прекрашког флувијалног рељефа, преглацијалног флувијалног рељефа, иницијалног језерско-барског префлувијалног рељефа, итд. Поређењем са садашњим изгледом истог терена, такође квантитативно исказаним изохипсама топографске карте, отвара се могућност количинске одредбе износа ерозије, одн. акумулације на сваком поједином делу терена.

Теоријски модели развоја рељефа у времену. - За поједине елементе рељефа, или рељеф у целини, математички се срачунавају и графички представљају профилима, или изохипсама теоријски модели. Ови модели квантитативно дају изглед који би облик, одн. рељеф имао данас, када би се развијао искључиво под дејством егзогених процеса. То су услови апсолутног тектонског мировања.

Теоријски модели по својој природи могу бити линеарни и планарни. Класични пример линеарног теоријског модела представља равнотежни уздужни профил водотока. Он се за одређену дужину и висинску разлику изворишта и ушћа једног водотока математички срачунава као експоненцијална, ређе и логаритамска крива. Планарни теоријски модел се може конструисати на више начина. Интерполацијом вредности висина тачака по равнотежним профилима водотока једног терена добијају се изохипсе ерозионе базе флувијалног рељефа, тј. планарни теоријски модел коме тежи проучавани рељеф. Другу могућност пружа изравнавање реконструисаног рељефа из неке раније фазе његове еволуције. Изравнавање подразумева снижавање највиших кота терена, дакле њихову ерозију, а подизање најнижих, дакле испуњавање депресија, тј. акумулацију. Управо овакву тежњу показују и егзогени процеси. Изравнавање карте обавља се применом метода тзв. текућих средњих вредности, мануелно или коришћењем неког од бројних рачунарских програма за рад са матрицама података.

Поређење стварног рељефа са теоријским моделом његовог развоја у времену отвара могућност утврђивања најмлађих ендогених, најчешће тектонских покрета. Разумљиво да се и ова поређења обављају квантитативно, простим одузимањем једне површине у простору (изохипсе теоријског модела) од друге (изохипсе савременог рељефа). На тај начин квантификују се интензитет и знак неотектонских покрета.

вају дефиницију процеса, облика, или рељефа у целини величинским параметром и примену формалних математичких правила у циљу добијања нових података. Израда претходно поменутих теоријских модела рељефа носи у себи доста елемената математичке анализе. Генералне тежње површина у простору ("тренд површине"), њихове квантитативне корелације, такође спадају у математичке анализе.

Стандардни поступци математичке анализе у квантитативним испитивањима рељефа су, нпр. анализа аномалија парцијалног хидрауличког градијента, анализа аномалија ерозионог интеграла, итд. Примена Хортонових закона (индекси бифуркације, закон броја токова и закон дужина токова) при испитивању једног или више дренажних подручја носи у себи битне одлике математичке анализе.

Предности примене квантитативне геоморфолошке анализе

Увођење количински исказаних показатеља у геоморфолошку анализу има вишеструки значај. Он се, у најкраћим цртама, огледа у следећим предностима: - Скала исказивања квалитативних разлика морфолошких процеса, његових делова, појединих облика, или рељефа у целини, знатно је повећана у односу на дескриптивни приказ у квалитативном приступу.

Са повећањем скале пропорционално расте и прецизност дефинисања својства, одн. квалитативних разлика. У квалитативној анализи прецизност дефинисања је сведена на јако уопштене категорије.

Квантитативно исказана својства процеса, рељефа у целини, или појединих облика омогућавају њихово међусобно поређење и прецизно, такође квантитативно, утврђивање и исказивање њихових разлика.

Величински утврђена својства, по правилу великим бројем података, дозвољавају примену статистичких анализа и добијање нових података о проучаваном процесу, рељефу, или облику.

Бројчано исказана својства представљају основ за примену егзактног математичког апарата. Тиме се отварају широке могућности добијања нових квантитативних параметара, нових поступака и, разумљиво, добијања квалитативно нових количински изражених података.

Квантитативни подаци који дефинишу геоморфолошке процесе, рељеф у целини и поједине његове облике чине идеалну подлогу за примену моћне рачунарске технике. Могућности математичке и графичке манипулације подацима и добијање нових резултата проширују се до неслућених граница.

Веродостојност података и ограничења морфометријских испитивања

Морфометријска испитивања се заснивају на систематском мерењу одређеног феномена, статистичкој обради добијених података и интерпретацији резултата. Подаци се статистички обрађују. Резултати се најчешће приказују изолинијама. Интерпретација зависи од сврхе и намене истраживања.

Примена различитих поступака квантитативне геоморфолошке анализе омогућује проверу исправности интерпретације. Вишеструко поклапање добијених резултата искључује могућност случајних појава. Одавде би требало да следи закључак да су подаци које дају морфометријска испитивања веродостојни. Изведене интерпретације требало би стога да представљају поуздане концепције о својствима истраживаног терена.

Пре изношења, а поготову пре прихватања оваквог закључка треба, међутим, критички размотрити извесне чињенице од битног значаја за примену квантитативне геоморфолошке анализе.

Сви морфометријски поступци имају изразити кабинетски карактер. Параметри испитиваног својства терена бирају се и мере на бази топографске карте, аероснимка или сателитског снимка. Овome би требало да претходи детаљна квалитативна геоморфолошка анализа. Она се изводи проучавањем сателитских снимака, стереоскопском анализом аероснимака, проучавањем топографског материјала и, пре свега, теренских осматрањима. Тек добро познавање геоморфолошких односа у рељефу испитиване области и његове морфолошке еволуције обезбеђује исправан избор параметара за квантитативну геоморфолошку анализу. Морфометријски поступак са параметром који не одражава, или тек у малој мери одражава испитивано својство терена, нужно води до заблуда, без обзира колико је сам поступак био коректно изведен.

И најбоље изабран параметар одражава поред испитиваног феномена и низ других специфичности проучаваног рељефа.

Утицај таквих фактора као што су геолошка грађа и особености развоја геоморфолошких процеса, не могу се сагледати са топографске карте. И добро познавање ових фактора не омогућава потпуну елиминацију њиховог утицаја.

Сваки параметар је резултат дејства више каузално повезаних чинилаца. Интерпретација стога мора увек бити вишезначна.

Сви поступци квантитативне геоморфолошке анализе имају наглашен статистички карактер. Као такви поуздани су само када се изводе на већим површинама, одн. када оперишу са великим бројем података. Детаљи рељефа и мали број података дају вредности који не морају бити, а по правилу и нису репрезентативне за феномен који се проучава.

Статистички карактер поступка захтева одређене генерализације рељефа. И у случајевима када се анализа обавља путем рачунара, а поготову када се врши мануелна обрада, параметри се узимају по одређеној мрежи тачака. Подаци између тачака се интерполују. Добијени резултати стога дају довољно поуздану општу слику испитиване појаве. У детаљима се, међутим, ова слика може доста разликовати од стварних односа у подручју које приказује.

Ограничења се нарочито јављају код интерпретације података добијених морфометријском анализом. Бројчано изражене вредности морфометријских параметара нису једнаке износима ерозије и акумулације, одн. износима вертикалних неотектонских покрета. Вредности параметара су, у мањој или већој мери, само пропорционалне ефектима проучаваних феномена. Квантитативно изражене разлике вредности одређеног параметра имају првенствено квалитативни значај у интерпретацији. Оне показују разлике у ефектима, али не и њихове износе.

Положај, знак и вредност изолинија може указивати на локацију геолошке структуре, интензитет и знак њеног покрета. Изолинија се, међутим, никако не сме третирати као стратоизохипса, или граница геолошке структуре. Изолиније се добију формалном интерполацијом. Променом слободно изабране еквидистанце мења се и положај изолинија.

Интерпретација резултата квантитативне геоморфолошке анализе заснована само на положају, знаку и вредностима изолинија одређеног параметра има искључиво формални карактер. Она често може довести до крупних грешака, па и до тумачења

потпуно супротних стварним односима на испитиваном терену. Интерпретација се стога мора изводити уз уважавање свих специфичности проучаваног подручја.

Познавање наведених ограничења морфометријског поступка је неопходно. Формална интерпретација и механичко тумачење квантитативних односа могу створити сасвим погрешну слику и тиме довести под сумњу и вредност метода квантитативне геоморфолошке анализе уопште.

З а к љ у ч а к

Закључак разматрања квантитативне геоморфолошке анализе као једног од метода истраживања заснива се на следећим поставкама:

- Квантитативна испитивања пружају и квантитативно и квалитативно нове податке о геоморфолошким процесима, облицима и рељефу у целини.

- Да би постигла неопходан степен веродостојности квантитативна геоморфолошка анализа мора бити заснована на резултатима квалитативних испитивања.

- Квалитативна геоморфолошка испитивања достигла су висок ниво и пружају поуздане податке.

- Квантитативна геоморфолошка анализа је у развоју. Рачунарска техника и дигитални елевациони модели рељефа отварају широке могућности нових параметара, нових поступака и нових резултата.

Квантитативна геоморфолошка анализа као истраживачки метод представља ванредно погодан поступак за стварање нових хипотеза. Хипотеза, међутим, подлеже провери, корекцији и допуни резултатима других истраживања. Поједини морфометријски поступци међусобно се проверавају и допуњавају.

Подаци које пружа квантитативна геоморфолошка анализа могу бити вишезначни. Они нису апсолутно веродостојни и свершавајући. Овако схваћени они, међутим, представљају драгоцену помоћ. Морфометријски добијени резултати могу чинити управо ону битну карику која недостаје у ланцу истраживања једног терена. Квантитативна геоморфолошка анализа на тај начин добија своје место равноправног члана међу методама геолошког истраживања. Одатле следи закључак да квантитативна геоморфолошка анализа треба и мора да представља један од праваца даљег развоја геоморфологије.

S u m m a r y

Classic, descriptive geomorphology, based on methodology, does not satisfy needs of present investigations, especially of those with applicative character. Contemporaneous researches ask for quantitative parameters, geomorphological mapping and appropriate graphic documentation. The quantitative geomorphological analysis becomes necessary part of relief studies, applied in different sciences and practices dealing with the Earth surface. Its history counts decades. However, the level of this investigation is considerably lower than our practice demands.

Development of computer technique opens new possibilities for quantitative geomorphological researches. Digital elevation models of relief, the possibility of reading data from topographic maps, aerial photos and satellite images by scanner, and their digital presentation enable fast and very rational obtaining of relief crucial parameters. Computer elaboration makes tiresome measurements, complex mathematical and statistical operations and graphic manipulation with data simple and routine ones.

Discussion on relations of quantitative and qualitative geomorphological investigations shows that both have to be treated as complementary elements of unique process of a compound geomorphological analysis. The basic procedures of quantitative investigations can be grouped into four categories: direct measurements, reconstruction of the earlier stages of relief evolution, making of the theoretical models of relief development and mathematical analyses. Each category comprehends proved routines with defined possibilities of presentation, interpretation and application of obtained results.

Compared to the qualitative, predominantly descriptive studies the quantitative geomorphological analysis in general has many advantages. However, attention has to be paid to the limitations of quantitative investigations. The awareness of their presence is necessary. A formal interpretation of quantitative data often gives wrong picture, thus making the value of quantitative geomorphological analysis very doubtful.

The quantitative geomorphological analysis is an appropriate method for making hypothesis on relief characteristics of investigated area and its evolution. The interpretation of obtained data can be directed to the geological composition, neotectonic or/and seismic activity, slope stability, engineering geology, hydrogeology, geo-ecology, and so on. Hypothesis, however, has to be checked and corrected by results of other investigations. Different morphometric routines are checking and complementing mutually.

Data obtained by quantitative geomorphological analysis may have many meanings. They are not absolute credible and can not solve all problems. However, such understanding can make of them the missing link of long chain of a terrain investigation. The quanti-

tative geomorphological analysis gains the position of an equal member among the investigation methods. Hence the conclusion that it has to be a direction of further development in geomorphology.

Л и т е р а т у р а

1. Аристархова Л. Б., Подханова Л. П., Шубина Н. Г.: *Карты морфонзогилис*. Сборник "Применение геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях". - Москва: Недра, 1970.
2. Chorley I. J., editor: *Spatial Analysis in Geomorphology*. - London: Methuen & Co. Ltd., 1972.
3. Doornkamp J.C., King C.A.M.: *Numerical Analysis in Geomorphology*. - London: E. Arnold Publ. Ltd., 1971.
4. Hagget P, Chorley R.J.: *Network Analysis in Geomorphology*. - London: E. Arnold Publ. Ltd., 1969.
5. Horton R.E.: *Erosional developments of streams and their drainage basins hydrophysical approach to quantitative morphology*. - 1945. - (Bulletin of American Geological Society, V. 56).
6. Иванов П. В.: *Метод количественной характеристики формы продольного профиля реки*. - 1951. - (Издательство ВГО, Т. 83, вып. 6).
7. King C.A.M.: *Techniques in Geomorphology*. - London: E. Arnold Publ., Ltd., 1966.
8. Marković M.: *Osnovi primenjene geomorfologije*. - Beograd: Geoinstitut, 1983. - (Posebna izdanja, knj. 8).
9. Petrović B., Marković M.: *Veza prostorne orijentacije kraških oblika i tektonskog sklopa*. - Sarajevo, 1981. - (Bilten "Naš krš", br. 10-11).
10. Scheidegger A.E.: *The algebra of streamorder numbers*. - U. S. Geological Survey, 1965. - (Professional paper, 525-B).
11. Scheidegger A.E.: *Theoretical Geomorphology*. - New York: Springer-Verlag, 1970.
12. Shreve R.L.: *Infinite topologically random channel networks*. - 1967. - (The journal of geology, 75 (2)).
13. Сегунская Л. Е.: *Карты уклонов гидросети*. - Москва: Недра, 1970. - (Сборник "Применение геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях").
14. Strahler A.N.: *Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography*. - 1952. - (Bulletin of Geological Society of America, 63).
15. Strahler A.N.: *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. - 1957. - (American Geophysicists Union Trans., V. 38).
16. Волков Н.Г.: *Карты изодеф*. - Москва: Недра, 1970. - (Сборник "Применение геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях").