

Оригинални научни рад
Radislav Tošić*

GEOMORFOLOŠKO KARTIRANJE PRIMJENOM SAVREMENIH TEHNOLOGIJA

Apstrakt: Geomorfološko kartiranje kome se u savremenim geomorfološkim istraživanjima pridaje veliki značaj, nameće potrebu permanentnog praćenja svih promjena u svijetu savremenih tehnologija. Tehnološki razvoj informacionih tehnologija posljednjih dvadeset godina otvorio je nove mogućnosti u oblasti geomorfološkog kartiranja i to posebno primjenom geografskih informacionih sistema i globalnog pozicionog sistema. U ovom radu se analizira primjena geografskih informacionih sistema i globalnog pozicionog sistema u kartiranju erozije, kao i mogućnost formiranja geomorfološke baze podataka korištenjem savremenih GPS i GIS tehnologija.

Ključne riječi: Geomorfološko kartiranje, Globalni pozicioni sistem (GPS), Geografski informacioni sistemi (GIS), baze podataka, erozija zemljišta.

Abstract: Geomorphologic mapping, to which the modern research tributes the large importance, imposes the need of permanent tracking of all changes around the world of the modern technologies. The technological development of the information technologies in the last twenty years has opened the new possibilities in the area of geomorphologic mapping, especially using the Geographic information systems (GIS) and Global positioning system (GPS). This paper analyse the use of the Geographic information systems and Global positioning system in mapping erosion, as well as possibility for creating geomorphologic databases using modern technologies.

Key words: Geomorphologic mapping, Global positioning system (GPS), Geographic information systems (GIS), database, soil erosion.

* Dr Radislav Tošić, docent Prirodno – matematičkog fakulteta, Univerziteta u Banjoj Luci, M. Stojanovića 2, 8 000 Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina.

Uvod

Fundamentalna geomorfološka istraživanja i njihovi rezultati već odavno nisu u stanju odgovoriti potrebama različitih naučnih i inženjerskih disciplina. Uobičajena deskripcija, odnosno opisi nisu prihvatljivi za inženjersku praksu, stoga je u skladu sa dostignućima savremene tehnologije neophodno prihvatiti i involvirati sva tehnološka dostignuća kako bi bilo moguće odgovoriti veoma složenim zahtjevima inženjerske prakse.

Izražena potreba za geomorfološkim kartiranjem proističe iz potreba inženjerske prakse koja od geomorfologa traži daleko drugačije rezultate nego što ih fundamentalna geomorfologija pruža. Prema nivou aplikativnosti R. Lazarević (1976) vrši podjelu geomorfoloških karata na kvantitativne i kvalitativne geomorfološke karte, ističući da informacije kvalitativnih karata nisu dimenzionirane što otežava njihovu primjenu u praksi, dok su kvantitativne geomorfološke karte pored morfografskog i morfometrijskog sadržaja, obogaćene novim sadržajem pod uticajem tehničkih disciplina. Broj kvantitativnih geomorfoloških karata neprestano je rastao i to kao proizvod povećanih potreba inženjerske prakse za kartama potencijala reljefa i za kartama geomorfoloških procesa i njihovih intenziteta (Lazarević, 1976). Uvođenjem savremenih tehnologija u naučno-istraživački rad geomorfologa izrada karata potencijala reljefa (karte padova, karte horizontalne i vertikalne raščlanjenosti i dr.) dobila je potpuno drugačiju dimenziju korištenjem digitalnog visinskog modela (DEM) i aplikacija koje su integrisane u geografski informacioni sistem. Dakle, topografski atributi kao što su ugao nagiba, ekspozicija, slivna površina, plan i profil linije pada, mogu biti izvedeni iz digitalnog visinskog modela.

Izdvajanje primarnih atributa vrši se na bazi činjenice da su oni izračunati ili dobijeni derivacijom direktno iz digitalnog visinskog modela (DEM-a), dok sekundarni topografski atributi uključuju kombinacije primarnih topografskih atributa i sačinjavaju fizičku bazu utemeljenu na empirijski izvedenim indikacijama koje mogu karakterizirati promjene u prostoru ili specifične procese u reljefu prostora (Tošić, 2007). S obzirom na dominantnost pojedinih geomorfoloških procesa, te njihovu ulogu u životu ljudske populacije, razvijene su brojne metode i postupci kartografskog predstavljanja, odnosno geomorfološkog kartiranja geomorfoloških procesa i njihovih intenziteta. Rezultat takvog pristupa su brojne karte u svijetu i kod nas, koje su nastale kao potreba sagledavanja opasnosti od pojedinih geomorfoloških procesa, ali i kao rezultat kompleksnog pristupa razumijevanju, sagledavanju i predikciji pojedinih geomorfoloških procesa čije djelovanje ima daleko veće posljedice od onih koje čovjek može sanirati. S obzirom na teritorijalnu dimenziju i karakter procesa vodne erozije na prostoru Bosne i Hercegovine i posljedice koje on izaziva, razumljivo je da se ovoj problematici posvetila velika pažnja u cilju definisanja metodologije za kvantitativnu interpretaciju ovog procesa. Metodologija istraživanja intenziteta mehaničke vodne erozije bazirana je na eksperimentalnim istraživanjima (Eksperimentalna stanica Snagovo - Zvornik i eksperimentalna stanica Radoblja - Mostar) koja su obezbjedila pouzdane parametre za

određivanje karaktera ili jačine erozionih procesa, a time i mogućnost kvantificiranja ukupnog iznosa erozionog procesa. Međutim, složenost postupka izrade Karte erozije kao produkta geomorfološkog kartiranja intenziteta mehaničke vodne erozije, nametnula je potrebu za uvođenje svih savremenih tehnologija čijim se korištenjem ovaj postupak pojednostavljuje, olakšava, ubrzava, pojeftinjuje, a rezultati postaju precizniji, kvalitetniji, dostupniji, ažurniji i prije svega prihvatljiviji za sve discipline kojima su ovi rezultati nezaobilazna podloga u projektovanju.

1. Mobilne geoinformatičke tehnologije u geomorfološkom kartiranju

Mobilne geoinformatičke tehnologije nastale su kao proizvod integracije geoinformatičkih tehnoloških dostignuća sa satelitskim i telekomunikacijskim vezama. Korištenje GPS navigacije omogućava da u realnom vremenu možemo integrisati podatke sa tematskim kartama prethodno pripremljenim u GIS okruženju, a ukoliko tu uključimo korištenje notebook-a ili pocket PC-a, te mobilnog telefona kao načina da se „konektujemo“ na internet (GPRS), moguće je podatke koje smo unijeli na terenu u veoma kratkom periodu i međusobno izmjenjivati. Najpraktičniji način da odgovorite na ovaj zahtjev je korištenje PDA (Personal Digital Assistant) uređaja koji u sebi ima integrisani GPS prijemnik. Međutim, pored PDA uređaja neophodno je imati i adekvatan software koji podržava i omogućava integraciju GPS-a i GIS-a. ArcPad je specijalno definisan programski paket iz grupe ArcGIS paketa, namijenjen integraciji GPS-a i GIS-a, odnosno za upotrebu sa PDA uređajima koji primaju „real-time“ GPS signal. ArcPad je dakle ograničen isključivo na karte urađene u ESRI-jevom programskom paketu, odnosno, .shp formatu, što znači da u njega ne možemo lako integrisati JPG ili TIFF formate bez prethodne kompresije podataka. Posebna prednost ArcPad nije navigacija, jer to možemo uraditi i pomoću GPS-a kao što je Colorado 300, već posjedovanje vlastite memorije sa bazom podataka (database shape file) u shape formatu. Unutar te baze moguće je vršiti pretraživanje podataka, mijenjati simbolizaciju, mijenjati pojedine tačke ili attribute na osnovu GPS lociranja, pratiti putanju prema unaprijed definisanoj ruti, određivati površine direktno na slojevima (layer) koje pripadaju nekom atributskom obilježju.

Pored PDA uređaja u grupu mobilne geoinformatičke tehnologije koja se koristi na terenu treba uvrstiti i GPS prijemnik kao nezaobilazan uređaj kada je u pitanju navigacija, određivanje tačaka, markiranje ruta, te potom skidanje ruta i njihovo prevođenje u .shp format kako bi ih koristili u nekom od GIS paketa. U tom smislu, prilikom geomorfološkog kartiranja intenziteta mehaničke vodne erozije značajan doprinos daje GPS uređaj Colorado 300, najnoviji proizvod Garmin-a sa integrisanom kartom. Naravno, riječ je o korištenju rutabilne karte AdriaTOPO 2.10 koja ne sadrži samo podatke o cestama, već pored toga i digitalni visinski model (DEM), te vektorizovane izohipse, riječnu mrežu, trigonometrijske i visinske tačke, ucrtane toponime i hidronime kao i druge podatke koji su nam od koristi prilikom rada na terenu. Pored navedenih uređaja

koji su uvezani za satelitsku vezu, značajnu ulogu može imati i mobilni telefon, odnosno korištenje funkcije GPRS kako bi sa bilo kojeg dijela prostora koji je predmet istraživanja mogli uspostaviti internet vezu u cilju razmjene podataka, pa čak i korištenja Google Earth-a kao veoma moćnog tehnološkog dostignuća. Ipak, ne treba zaboraviti i druga tehnološka dostignuća koja u velikoj mjeri doprinose uspješnom radu na terenu. Prije svega, to su notebook (lap top), laserski daljinomjer, digitalni fotoaparat visoke rezolucije i zoom-a, kao i druga tehnološka pomagala u zavisnosti od specifičnosti predmeta i prostora istraživanja.

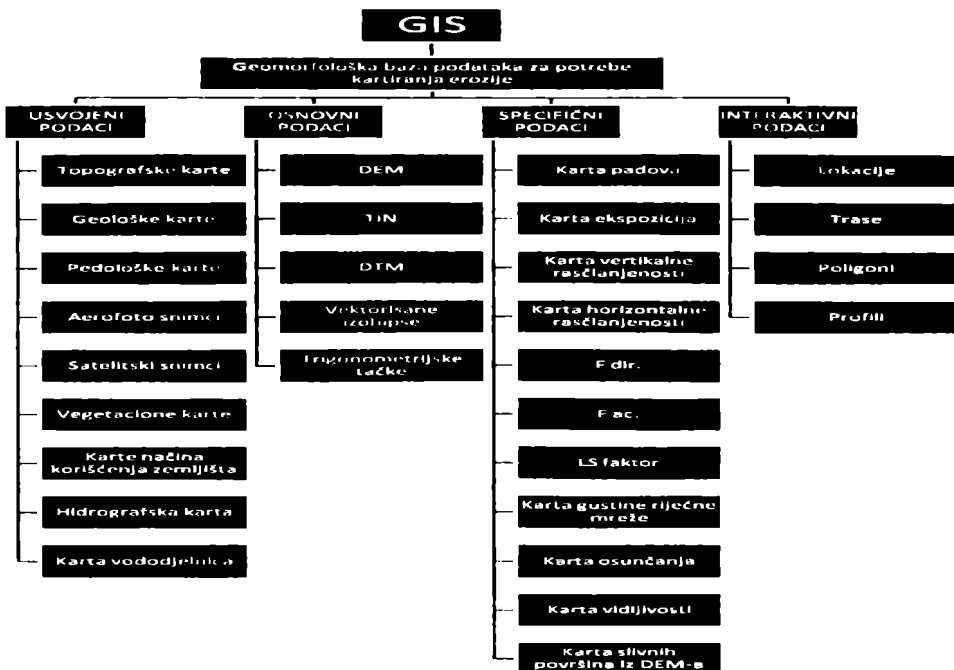
2. Integracija GIS i GPS tehnologije u geomorfološkom kartiranju erozije

Tehnološki razvoj personalnih računara od sredine 1970-ih do početka 1990-ih godina uslovio je razvoj opšteg interesa za geografske informacione sisteme i geoinformatičku tehnologiju. U pomenutom periodu došlo je do velikog napretka u računarskoj tehnologiji, pojavilo se mnogo specijalizovanih aplikacija, hardverskih i softverskih rješenja za posebne namjene. Osim toga, ovaj period je obilježila pojava i široka dostupnost PC (*Personal Computer*) računara, pad cijena GIS softvera i bolje performanse osobnih računara. Ovakav trend zadržao se i danas jer se broj korisnika GIS-a i dalje povećava, konkurencija između proizvođača je sve veća, a aplikacije postaju jeftinije i dostupne širokom krugu ljudi. Korisnici danas sami instaliraju aplikacije, modifikuju softver, koriste se podacima koji su dostupni u elektronskoj formi, transformišu ih i stvaraju nove podatke. U tom kontekstu GIS možemo posmatrati kao: sredstvo rada - „moćan skup sredstava za prikupljanje, memorisanje, pretraživanje, po potrebi transformisanje i prikazivanje prostornih podataka iz stvarnog svijeta“ (Burrough P., McDonnell, 1998), te kao bazu podataka - „sistem baza podataka u kojem je većina podataka prostorno indeksirana i nad kojima se upravlja nizom postupaka da bi odgovorili na upite o prostornim elementima koji se nalaze u bazama“ (Burrough P., McDonnell, 1998). Prema tome, može se zaključiti da GIS predstavlja jedno od najznačajnijih tehnoloških dostignuća koje je omogućilo velike pomake u metodologiji naučno-istraživačkog rada, projektovanju i drugim sferama čovjekovog života. GIS raspolaže sa ogromnom količinom digitalnih podataka organizovanih u digitalne geoprostorne baze podataka (geodatabases), uključujući i brojne geomorfološke podatke koji su organizovani u geomorfološku bazu podataka. Geomorfološka baza podataka predstavlja specifičnu geoprostornu bazu podataka unutar koje su definisani tematski slojevi (layer), kao i brojni tabelarni, aero ili satelitski snimci, te tekstualni podaci. Podaci su predstavljeni kao: vektorski, rasterski, adrese i lokatori za pronalaženje geografskih koordinata, TIN podaci ili specifični formati koje je lako integrisati u GIS okruženje. Dakle, geomorfološka baza podataka mora sadržavati onaj dio tematskih podloga kako bi na što reprezentativniji način predstavila geoprostorne podatke unutar komercijalne geoprostorne baze podataka. Pored toga, geomorfološka baza podataka mora sadržavati podatke koji se odnose na površinu, ali i one koji se odnose na prostor ispod površine i to

u vidu relacione baze podataka. Sve klase prostornih pojava u bazi moraju dijeliti isti koordinatni sistem, dok baza podataka treba da sadrži pojave u prostoru i veze koje se javljaju između njih. Pojave u geomorfološkoj bazi podataka se koriste kao setovi relacionih tabela. Neke od ovih tabela predstavljaju zbir ili kolekciju pojava, a druge pak, veze između pojava, pravila validnosti i domene atributa. Shodno tome, neke karakteristike geomorfoloških baza podataka podstiču tehnologiju relacionih baza koja može predstavljati prostorne podatke na četiri načina: diskretne objekte kao vektore, kontinualne pojave kao rastere, površine kao TIN-ove i reference kao lokatore ili adrese. Unutar geoprostorne baze podataka (geomorfološke baze podataka) moguće je unijeti podatke o objektima i pojavama koje je u GIS-u moguće analizirati u smislu definisanja opštih i posebnih veza između objekata i pojava. Pored toga, moguće je modelovati topološke osobine i pojave, ali i predstaviti stvarno ponašanje prirodnih pojava pomoću tabela u kojima su unesene vrijednosti atributskog obilježja koje govori o karakteru nekog procesa. Na kraju, podaci mogu biti mijenjani, tako da mnogi korisnici mogu editovati podatke koji su pohranjeni u bazama, ali i ažurirati podatke što je najznačajnija karakteristika savremenih tehnoloških dostignuća.

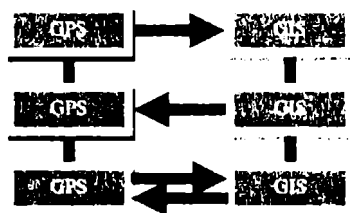
U tom smislu, predstavljena je koncepcija geomorfološke baze podataka urađene za potrebe geomorfološkog kartiranja intenziteta mehaničke vodne erozije, a koja je samo jedan od modela (arhitekture) hijerarhije geomorfološke baze podataka.

Slika 1. Hijerarhija geomorfološke baze podataka za potrebe geomorfološkog kartiranja erozije



Predstavljena arhitektura geomorfološke baze podataka ukazuje da ona sadrži brojne tematske podloge na kojima su predstavljeni prostorni podaci, a koje u metodologiji geomorfološkog kartiranja intenziteta mehaničke vodne erozije definišemo kao primarne fizičko-geografske faktore erozionog procesa. Upotrebom alata u GIS okruženju moguće je na jednostavan način analizirati sve faktore, odnosno doći do podataka koje smo prema karakteru prikupljanja i izvođenja definisali kao: usvojene, osnovne, specifične i interaktivne podatke. Usvojeni podaci u geomorfološkoj bazi predstavljaju podatke preuzete sa brojnih tematskih kartografskih podloga. Osnovni podaci su osnovne i nezavisne strukture podatka ili fundamentalni dio koncepta geomorfološke baze podataka kojeg najčešće koristimo u kvantitativnoj geomorfološkoj analizi, dok su specifični podaci usko povezani sa derivacijom osnovnih podatka i dobijanjem primarnih i sekundarnih topografskih atributa kao nezaobilaznih podataka u aplikativnim geomorfološkim istraživanjima kakvo je i samo kartiranje intenziteta mehaničke vodne erozije. Na kraju, ne treba zaboraviti i podatke koje smo dobili interakcijom, odnosno integracijom GIS i GPS tehnologije. To su podaci o lokacijama (geografske koordinate, visina i dr.) ili reprezentativnim profilima, podaci o rutama tj. trasama koje smo ucrtali ili koje su automatski zapisane u internu memoriju GPS uređaja korištenjem opcije „tracking“, te podaci o poligonima i profilima koje smo iscrtali koristeći GPS ili PDA uređaj sa integrisanom vektorskom ili rasterskom podlogom (Tošić, 2007). Stoga, formiranje GIS projekta i geomorfološke baze podataka predstavlja prvu fazu u geomorfološkom kartiranju intenziteta mehaničke vodne erozije. U ovoj fazi kvantitativne geomorfološke analize primarnih fizičko-geografskih faktora formiramo osnovni tematski sloj (layer) buduće karte erozije u vektorskom obliku, odnosno formiramo erozione parcele u vektorskom obliku (.shp format) koje potom možemo uvesti u PDA uređaj i njegovim korištenjem raspolagati sa poligonima koje trebamo obrađivati, odnosno unositi vrijednosti koeficijenta (ϕ) vida erozije - stanja erozionih procesa za dati poligon. Korištenje PDA uređaja koji u sebi ima integrisani GPS prijemnik, omogućava nam lako i jednostavno snalaženje na terenu u cilju određivanja erozionih parcela (poligona), a ako ga povežemo sa notebook-om i na njemu GIS softverom, moguće je u datom trenutku iz geomorfološke baze podataka pročitati i ostale parametre koji se koriste u kartiranju i koji su produkt formiranja geomorfološke baze podataka.

Integracija GPS i GIS tehnologije može se ostvariti na nekoliko načina: jednosmjerno GPS-GIS ili GIS-GPS, te dvosmjerno GIS-GPS, odnosno GPS-GIS.



Slika 2. Primjeri načina integracije GPS i GIS tehnologije

Integracija pomenutih tehnologija najčešće je definisana kroz nekoliko nivoa ili faza. U prvoj fazi koju definišemo kao odvojena faza, geomorfolog koristi jedino GPS uređaj u okviru tradicionalnog geomorfološkog kartiranja (istraživanja), gdje GPS uređaj koristi isključivo za određivanje geokoordinata ili za određivanje tačne pozicije određenih pojava, oblika, objekta i sl. Poslije geomorfološkog kartiranja, odnosno terenskog istraživanja sve pozicije unesene u internu memoriju GPS uređaja bivaju unešene u GIS okruženje i potom uključene u izradu konačnog kartografskog prikaza. U drugoj fazi, koju najčešće nazivamo „mobilna“ faza, geomorfolog koristi rezultate GIS analize, odnosno rezultate koji se nalaze u nekoj geoprostornoj bazi podataka i koji su rezultat laboratorijskog rada, tj. obrade brojnih podataka i njihovog pretvaranja u format dostupan za neki mobilni geoinformatički uređaj. Dakle, rezultati prethodno obrađeni i analizirani u okviru GIS projekta u vektorskom ili rasterskom obliku se integrišu/unose u PDA uređaj (ArcPad). PDA uređaj omogućava orijentaciju na terenu, poređenje realne lokacije sa definisanim vektorskim poligonom (eroziona parcela) na .shp formatu koji smo unijeli (import) u PDA uređaj, te snimanje podataka na PDA uređaj kako bi ih poslije izvezli (export) u GIS i uradili konačnu kartografsku podlogu. PDA uređaj je sa prethodno pripremljenom vektorskom podlogom omogućio jednostavno lociranje objekata i poligona (bez nužnog znanja topografije koje bi nam bilo potrebno da na topografskoj karti odredimo položaj određenog poligona), te unošenje parametra nekog atributskog obilježja. Na kraju, u posljednjoj fazi moguć je i dvosmjerni pristup integraciji GPS i GIS tehnologije, gdje istovremeno koristimo i GIS softver i GPS uređaj. Naravno, ovakav pristup zahtijeva korištenje notebook-a i PDA uređaja, ali nam pruža mogućnost da na PDA uređaju iščitavamo lokaciju koja se potom prenosi i na notebook i to u GIS okruženje, što omogućava direktno određivanje elemenata buduće tematske kartografske podloge. Prema tome, navedeni primjeri integracije GPS i GIS tehnologije pružaju široke mogućnosti koje je moguće koristiti u zavisnosti od specifičnosti geomorfološkog istraživanja. Svakako, za potrebe geomorfološkog kartiranja intenziteta mehaničke vodne erozije najpogodniji je pristup GIS-GPS-GIS jer na taj način u potpunosti koristimo sve pogodnosti savremene tehnologije. Dakle, prije svega formiramo GIS projekat i u njemu geomorfološku bazu koja sadrži sve podatke neophodne za određivanje parametra. Pomoću satelitskih i aerofoto snimaka uradimo tematski sloj (layer) načina korištenja zemljišta, odnosno tematsku podlogu sa koje možemo odrediti koeficijent zaštićenosti zemljišta (x) za svaku parcelu istog načina korištenja zemljišta.

Korištenjem geoloških i pedoloških karata u GIS-u uradimo sloj (layer) vrste zemljišta- stijena prema postavljenoj metodologiji podjele otpornosti zemljišta od erozije, te na osnovu toga odredimo koeficijente otpornosti zemljišta od erozije (y) za svaku erozionu parcelu koju smo definisali na osnovu načina iskorištavanja zemljišta. Potom, korištenjem DEM - digitalnog visinskog modela i vektorizovanih izohipsa uradimo sloj padova za sve izdvojene parcele jer je pad uz način iskorištavanja zemljišta najznačajniji faktor u određivanju karaktera, odnosno intenziteta procesa mehaničke vodne erozije na svakoj

izdvojenj erozionj parceli. Na kraju, vektorizovane poligone (.shp format) izvezemo u ArcPad uređaj i na terenu nakon lociranja svakog poligona unosimo koeficijente stanja erozionih procesa (ϕ) na osnovu terenskog rekognosciranja. Podatke koje unesemo u PDA uređaj potom izvozimo u GIS okruženje i pomoću alata, odnosno aplikacije „spatial analyst“ i opcije „spatial overlay“ vršimo izradu konačnog kartografskog prikaza - karte erozije. Dakle, PDA uređaji zasnovani na GPS-u koji služe za pribavljanje podataka u GIS-u, moraju se koristiti paralelno sa odgovarajućim hardverom i softverom. Dok geomorfolog analizira attribute neke pojave, GPS snima poziciju date pojave i šalje je u GIS u odgovarajućim formatima koje je moguće koristiti u GIS-u. Po potrebi, GPS podatak može biti reduciran na jednu lokaciju, međutim u slučaju poligona (eroziona parcela), svaka pojava ima nekoliko pripadajućih GPS tačaka i drugih atributa. GPS sistemi dopuštaju da prikupljanje podataka na terenu bude kontrolisano pomoću „riječnika podataka“ koji je zasnovan na šemi baze podataka uređene u GIS-u, što nam omogućava da unosimo vrijednosti nekog atributskog obilježja.

3. Prednosti i nedostaci korištenja geoinformatičkih tehnologija u geomorfološkom kartiranju erozije

Tehničke performanse navigacijskog sistema se određuju prema njegovoj tačnosti, dostupnosti, postojanosti i integritetu. Tačnost predstavlja možda i najočigledniji zahtjev navigacijskog sistema i opisuje usaglašenost izmjerene vrijednosti i referentne vrijednosti. U idealnim okolnostima, referentna vrijednost bi trebala biti stvarna vrijednost, ukoliko je ona poznata, dakle u slučaju GPS-a, referentna vrijednost može biti ista kao i poznata geodetska referentna oznaka. Dostupnost navigacijskog sistema se odnosi na njegovu sposobnost da obavi postavljeni zadatak-funkciju i da radi u specifičnim uslovima. U mnogim slučajevima dostupnost sistema zapravo podrazumjeva dostupnost signala. Idealno, svaki navigacijski sistem bi trebalo da je uvijek dostupan korisniku, međutim, zbog nepredvidivih okolnosti, postoji mogućnost da se sistem u određenom vremenskom periodu ne može koristiti. Kontinuitet, prema tome, predstavlja sposobnost navigacijskog sistema da funkcioniše bez ometanja za vrijeme trajanja operacija. Integritet navigacijskog sistema se odnosi na njegovu pouzdanost i vjerodostojnost. Između ostalog, integritet karakteriše sposobnost sistema da na vrijeme obavjesti korisnika o greškama koje se mogu javiti u procesu rada. Integritet je jedan od najznačajnijih faktora jer bez garantovanog integriteta sistema ne postoji način da znamo da je primljena informacija tačna. U toku terenskih istraživanja, GPS, odnosno PDA uređaj upućuje geomorfologa na traženu lokaciju odmah, dok se nekada moralo hodati po terenu uz korištenje topografske karte. Komparacija dva različita pristupa u kartiranju intenziteta mehaničke vodne erozije pomoću GPS-PDA uređaja i tradicionalnih metoda geomorfoloških istraživanja, iskazane su u okviru naredne tabele:

Tabela 1. Komparacija različitih pristupa kartiranja - PDA i tradicionalnom metodom

Kriterijum	Kartiranje PDA uređajem	Tradicionalne tehnike
Horizontalna tačnost	Zavisi od kvaliteta opreme kojom raspoložemo	Neodgovarajuća za rezoluciju manju od 5 m - procjena ukoliko ne koristimo laserski daljinomjer
Vertikalna tačnost	Problematična za tačnost manju od 1 m	Procjenjena tačnost, potrebno je koristiti altimeter ili GPS za određivanje apsolutne ili relativne vrijednosti atributa
Kartiranje atributa	Odgovarajuće za procjenjivanje lokacija, oblik i gustinu pojave	Brže nego istraživanje GPS - om, ali su podaci u analognom zapisu potrebno ih je potom digitalizovati kako bih uvezli u GIS projekt
Brzina rada	Brži " apdejt " pozicione tačnosti (gdje se trenutno nalazimo) i mobilnost prenošenja podataka kartiranja	Sporije određivanje lokacije, ali brže ispisujemo podatke u neki od formulara, međutim brzina u sljedećoj fazi rada je daleko manja
Površina istraživanja	Limitirana kada koristimo GPS, ali znatno šira kada upotrebimo PDA uređaj	Mnogo veće oblasti se mogu istražiti
Zahtjevi operacije	Jedna osoba može izvesti istraživanje	Nemoguće ostvariti sa jednom osobom
Upotrebljivost u složenim terenskim uslovima	Manje naporno, ali je problematično u „zatvorenim“ lokacijama	Rad je ograničen velikim padovima i vidljivošću
Upotreba u vegetaciji	Problematično kad je natkriveno	Nema ograničenja
Cijena	Skupo zbog uređaja, softvera, baterija i dr.	Jeftinije jer se ne koriste uređaji
Prethodno znanje topografije	Nije obavezno	Obavezno i to sa dugogodišnjim terenskim iskustvom
Pouzdanost	Vezana za uređaj i istraživača	Vezana samo za istraživača
Vrijeme rada na ukupnom projektu	Kraće	Duže
Orijentacija i sigurnost	Bolja i veća	Uvijek zavisna od iskustva istraživača

Predočena komparacija najbolje ukazuje u kojem pravcu treba usmjeravati buduće geomorfološko kartiranje, međutim, na treba zaboraviti činjenicu da tradicionalan pristup ima čitav niz prednosti koje je veoma teško definisati kroz nekoliko kriterija. Uopšte gledano, GPS/PDA/GIS tehnologija može se koristiti za: pozicioniranje, trasiranje, kartiranje, te vremensko i brzinsko mjerenje. Stoga, primjenu savremenih tehnoloških dostignuća u oblasti geomorfološkog kartiranja moguće je posmatrati kroz prizmu: tačnosti ili preciznosti, operativnosti i korisnosti u radu i kroz segment cijene rada. Ipak, preporučljivo je za svakog mladog istraživača (geomorfologa) prethodno terensko iskustvo uz mentora čiji je naučno- istraživački rad najvećim dijelom vezan za terenska istraživanja, kako bi pored tehnoloških znanja (GIS/GPS/PDA) usvojio i onaj dio znanja koja su odraz empirije i koje je veoma teško pronaći u sistemskim rješenjima pojedinih softverskih paketa. Logika, osjećaj za prostor, uočavanje pojava i procesa, razumijevanje kauzalnosti primarnih faktora koji određuju intenzitet ili karakter procesa, sastavni je dio svakog geomorfološkog kartiranja pa i kartiranja intenziteta mehaničke erozije, te je bez obzira na mogućnosti savremene tehnologije nužno posjedovati i ova znanja kako bi konačni rezultati imali visoku naučnu, stručnu i aplikativnu vrijednost.

4. Zaključna razmatranja

Razvoj i korištenje savremenih tehnoloških dostignuća, te kartografskih tehnika kao nezaobilaznog načina prezentovanja informacija, omogućio je značajan iskorak u oblasti primjenjenih geomorfoloških istraživanja kakvo je geomorfološko kartiranje intenziteta mehaničke vodne erozije. Geografski informacijski sistemi zajedno sa GPS tehnologijom postali su osnova za prikupljanje, interpretaciju podataka i kreiranje modela za istraživanje erozionih procesa. S obzirom na mogućnosti koje pruža GPS, može se pretpostaviti da će broj aplikacija koje se baziraju na podacima dobijenim putem GPS/PDA uređaja i dalje rasti. Dakle, ovakav pristup omogućava unapređivanje ukupnog naučno-istraživačkog rada u oblasti istraživanja erozionih procesa, dok se GPS i GIS tehnologije već sada mogu smatrati nezamjenjivim u svim prostornim istraživanjima, upravljanju prirodnim resursima, zaštiti životne sredine, i u svim oblicima projektantskog rada. Ipak, nužno je naglasiti i značaj prethodnih znanja koje je neophodno posjedovati ukoliko se odlučimo za primjenu savremenih tehnologija.

5. Literatura

1. Lazarević R. (1976): Kvantitativne geomorfološke karte, Zbornik radova Geografskog instituta „Jovan Cvijić“ knj. 27. Beograd.
2. Tošić R., Petrović D. (2007): Digitalni visinski model u geomorfološkim analizama, Glasnik Geografskog društva Republike Srpske, br.11., Banja Luka.
3. Lazarević R. (2000): Geomorfologija, Prirodno - matematički fakultet Banja Luka, Banja Luka.

4. Burough P., McDonnel R. (1998): Principles of Geographical Information Systems 2e, Spatial Information Systems and Geostatistics, Oxford University Press, Oxford.
5. Tošić R. (2007): Geomorfološka baza podatka i primjena u kartiranju erozije, Zbornik radova sa naučnog skupa u Trebinju „Srbija i Republika Srpska u Regionalnim globalnim procesima“, Trebinje.
6. Tošić, R., Hrkalović. D. (2006): Geografski informacioni sistem i njegova primjena u hidrologiji, Zbornik radova „Prvi međunarodni kongres Ekologija, zdravlje, rad, sport“, Banja Luka.
7. Tošić R. (2008): Geografsko informacioni sistemi i životna sredina, Zbornik radova „Drugi međunarodni kongres Ekologija, zdravlje, rad, sport“, Banja Luka.
8. Tošić R., Blagojević B. (2008): Geografsko informacioni sistemi i modelovanje životne sredine, Zbornik radova „Drugi međunarodni kongres Ekologija, zdravlje, rad, sport“, Banja Luka.
9. Bennett, D.A. (1997): A Framework for the Integration of Geographical Information Systems and Modelbase Management, International Journal of Geographical Information Science, 11 (4)
10. Wilson, J., Gallant, J. (2000): Terrain analysis – principles and applications, John Wiley and Sons, INC., New Jersey.

Summary

Progress in the relevant geomorphologic research such as geomorphologic mapping of the mechanical water erosion intensity has become possible due to development and use of the modern technologies and cartographic techniques which are necessary for data presentation. Geographical Information Systems and GPS technologies became basic instruments for collecting and interpreting data, model creation and erosion process research. If we take all the opportunities of the GPS into consideration, we can predict that the number of applications which are based on data gathered by GPS/PDA equipment will increase. Thus, one can notice that modern technologies are quite irreplaceable in the future erosion process research, spatial researches, resources management, environment protection programs, etc. However, it is necessary for the young scholar-geomorphologist to gain scientific knowledge in the field research as well. This is important because there are several aspects of education and knowledge such as logic, sense of the space and ability to notice features and processes that can't be provided by software solutions.