

UDK 528.85
Pregledni naučni rad

METODE ZA OTKRIVANJE PROMJENA KOD DALJINSKIH ISTRAŽIVANJA

METHODS FOR CHANGE DETECTION IN REMOTE SENSING

Admir Mulahusić, Nedim Tuno

SAŽETAK

U ovom radu predstavljeni su različiti načini identifikovanja promjena kod daljinskih istraživanja. Različiti autori su predstavljali različite metode otkrivanja promjena na površini zemlje. Otkrivanje promjena je, između ostalog, veoma važno zbog praćenja promjena, kao i procjene promjena i međusobnih odnosa prirodnih i vještačkih objekata. Sve to vodi ka boljem razumijevanju potencijalnih uzroka promjena.

ABSTRACT

In this paper, the different ways to identify changes in remote sensing are given. Various authors have presented different methods of detecting changes on the Earth's surface. Detection of changes, among other things, are very important for tracking changes, as well as assessment and evaluation of changes and interrelations of natural and artificial objects. All this leads to better understanding of potential causes of change.

1. UVOD

Tokom vremena mnogi autori definisali su na različite načine proces identifikovanja promjena kod daljinskih istraživanja. Ovom prilikom treba navesti definiciju koju je dao Singh (1989). Naime, prema ovom autoru, detekcija promjene je proces identifikovanja razlika u stanju objekta ili fenomen promatranja istog u različitim vremenskim terminima (Singh, 1989). Pravovremeno i tačno otkrivanje promjena predstavlja osnovu za bolje razumijevanje odnosa između ljudskih i prirodnih fenomena, kao i osnovu za bolje upravljanje i korištenje svih raspoloživih resursa. U današnje vrijeme razvoja novih tehnologija, analiziranje promjena je znatno olakšano. To prije svega podrazumijeva način sakupljanja podataka, pregled podataka, kao i razvoj novih digitalnih formata koji su pogodni za razne vrste analiza u okviru daljinskih istraživanja.

Otkrivanje promjena obično ima za cilj otkrivanje područja promjena i rang (stopu) promjene, prostornu raspodjelu promjena i tačnost rezultata otkrivanja promjena. Najčešće se radi o otkrivanju promjene tipa zemljišnog pokrivača.

Otkrivanje promjena možemo podijeliti na tri sljedeća koraka:

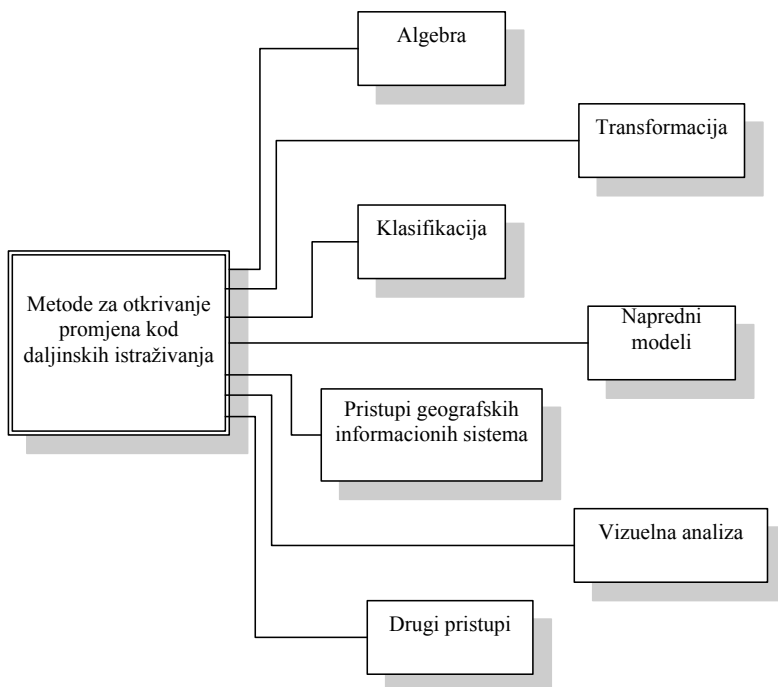
- Predobrada snimka, koja podrazumijeva geometrijsku rektifikaciju i slikovnu registraciju, radiometrijsku i atmosfersku popravku.
- Odabir odgovarajuće tehnike za provođenje analize otkrivanja promjena.
- Procjenu tačnosti.

Tačnosti rezultata otkrivanja promjena ovise o mnogim činiocima, uključujući sljedeće:

- (1) preciznu geometrijsku registraciju između multitemporalnih snimaka,
- (2) kalibraciju ili normalizaciju između multitemporalnih snimaka,
- (3) dostupnost kvalitetnih i vjernih terenskih podataka,
- (4) složenost pejzaža i okruženja istraživanog područja,
- (5) promjena metode otkrivanja ili korištenog algoritma,
- (6) klasifikacija i sheme otkrivanja promjena,
- (7) analitičareve vještine i iskustvo,
- (8) znanje i poznavanje istraživanog područja, i
- (9) vrijeme i ograničenje troškova. (Lu *et al.*, 2004)

Odabir odgovarajuće tehnike otkrivanja promjena izuzetno je važno prilikom kreiranja kvalitetnih rezultata otkrivanja promjena.

Metode za otkrivanje promjena mogu se podijeliti na sljedeće:



Slika 1: Metode za otkrivanje promjena

Sve navedene metode su do u detalje analizirane od strane mnogih autora. Općenito, svaka metoda ima svoje glavne karakteristike, prednosti i nedostatke, kao i ključne faktore koji utiču na rezultate otkrivanja promjena. Posljednja kategorija (Drugi pristupi) nije pogodna za grupisanje u bilo koju od šest drugih kategorija. Ova metoda se još uvijek ne koristi u većoj mjeri kod praktičnih radova.

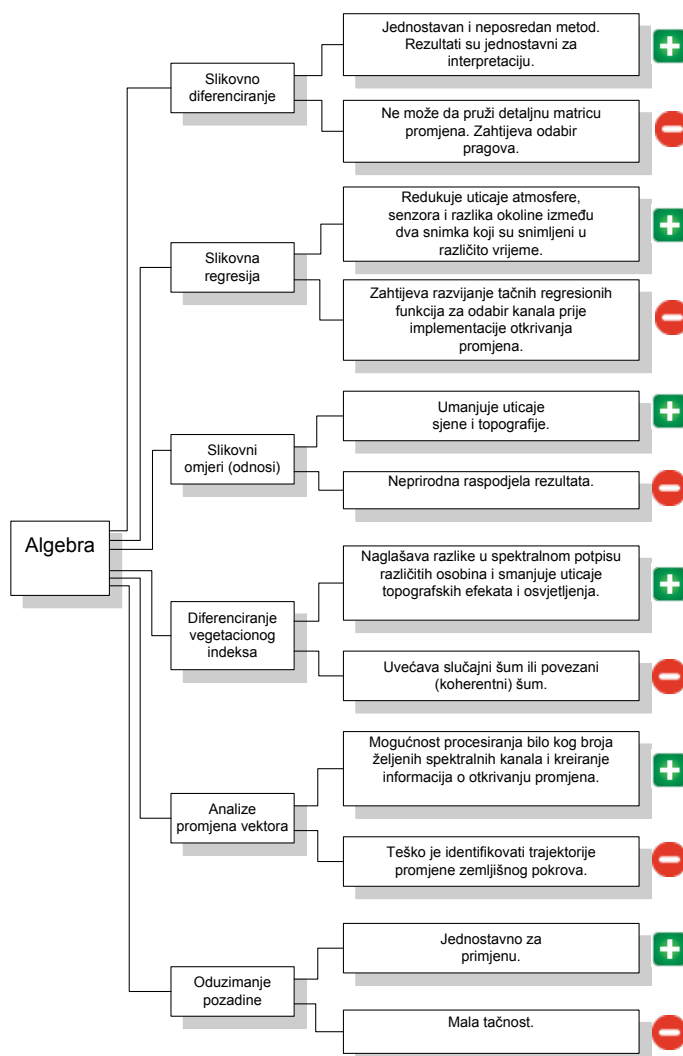
2. ALGEBRA

Kategorija Algebra uključuje diferenciranje snimka, regresiju snimka, urazmjeravanje snimka, diferenciranje vegetacionog indeksa, analizu promjena vektora i oduzimanje pozadine.

Ove metode (isključujući analizu promjena vektora) su relativno jednostavne, neposredne, lake za primjenu i interpretaciju, no ne mogu pružiti kompletne matrice za informacije o promjeni podataka.

Nedostatak kategorije Algebra je poteškoća u izboru odgovarajućih pragova za identifikaciju promijenjenih područja. U ovoj kategoriji, dva aspekta su kritična za rezultate otkrivanja promjena:

- odabir prikladnih kanala snimka ili vegetacionih indeksa i
- odabir prikladnih pragova za utvrđivanje promjenjenih područja.



Slika 2: Algebra

U algebra-zasnovanoj kategoriji otkrivanja promjena, slikovno diferenciranje je najčešće korištena metoda za otkrivanje promjena u praksi. Naprimjer, vidljivo slikovno diferenciranje crvenog kanala pokazalo se pogodnim za otkrivanje promjena u polu-sušnim i suhim područjima, ali nije sasvim jasno da li isto vrijedi i u drugim sredinama, kao što su vlažne tropske regije. Različiti autori došli su do različitih zaključaka o tome koja od metoda osigurava najbolje rezultate kod odnosa snimaka: diferenciranje vegetacionog indeksa, slikovna regresija i pristupi analize promjena vektora, jer rezultati variraju ovisno o karakteristikama područja koje se istražuje i slikovnih podataka koji se koriste.

3. TRANSFORMACIJA

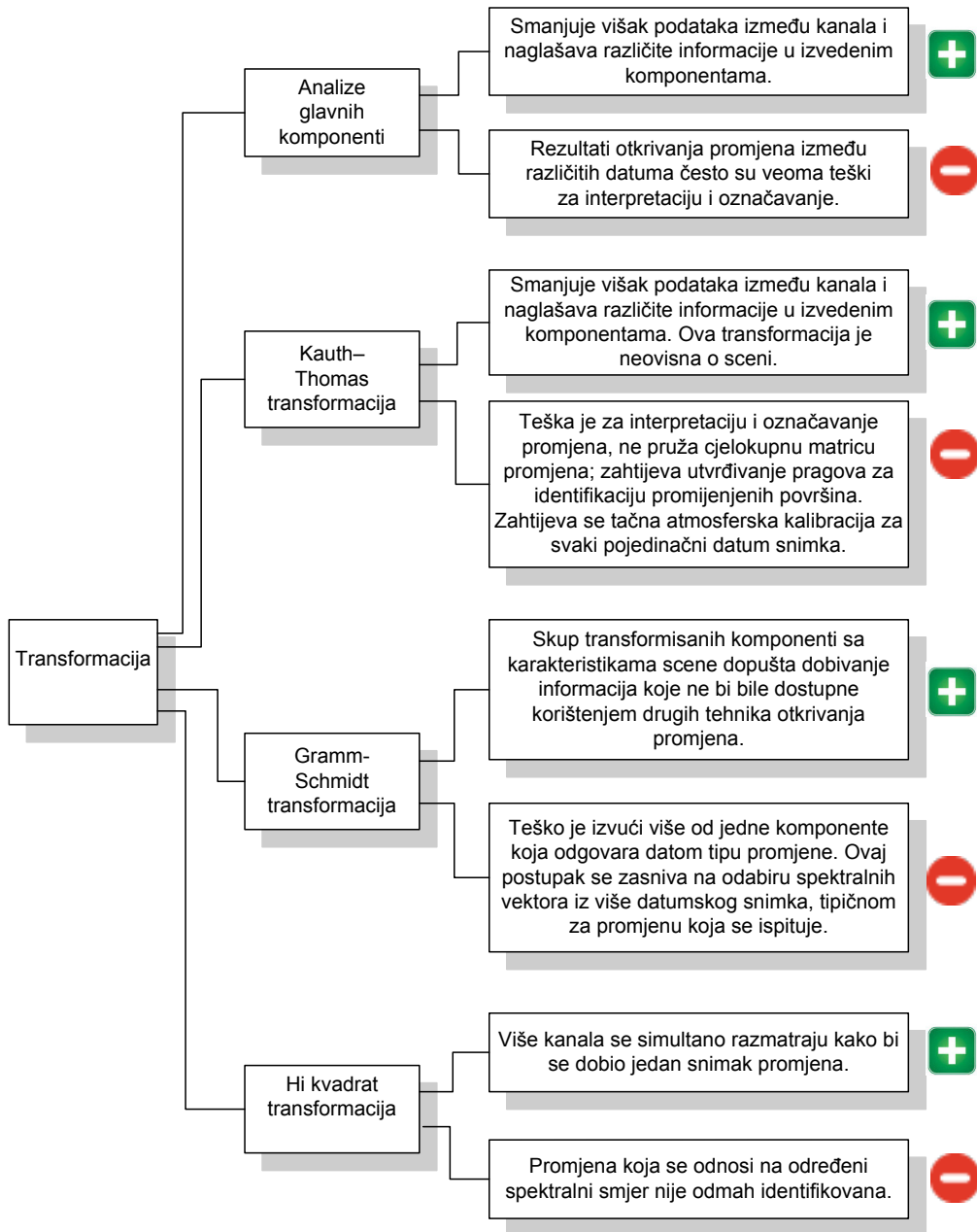
Transformaciona kategorija uključuje PCA (engl. Principal component analysis), KT (engl. Kauth–Thomas transformation or tasselled cap transformation), GS (engl. Gramm-Schmidt) i Hi-kvadrat transformacije. Prednost ovih metoda je u smanjenju viška podataka između kanala i naglašavanje različitih informacija u izvedenim komponentama. Međutim, oni ne pružaju detaljne matrice promjena i zahtijevaju odabir pragova sa svrhom identifikacije promijenjenih područja. Drugi nedostatak je poteškoća u tumačenju i označavanju promijenjenih podataka na transformisanim snimcima.

U kategoriji transformacija, PCA i KT najčešće su korišteni pristupi za otkrivanje informacija o promjenama. KT metoda čini se korisnom u mnogim aplikacijama za otkrivanje promjena. Jedna od prednosti KT transformacije nad PCA transformacijom je da su koeficijenti KT transformacije neovisni o prizorima na snimku, dok je PCA transformacija ovisna o prizorima na snimku. GS i Hi-kvadrat metode se relativno rjeđe koriste u praksi, zbog njihove relativne složenosti u odnosu na PCA i KT transformacije. Također, GS i Hi-kvadrat metode nisu dostupne kod većine komercijalnih softvera za obradu snimaka daljinskih istraživanja.

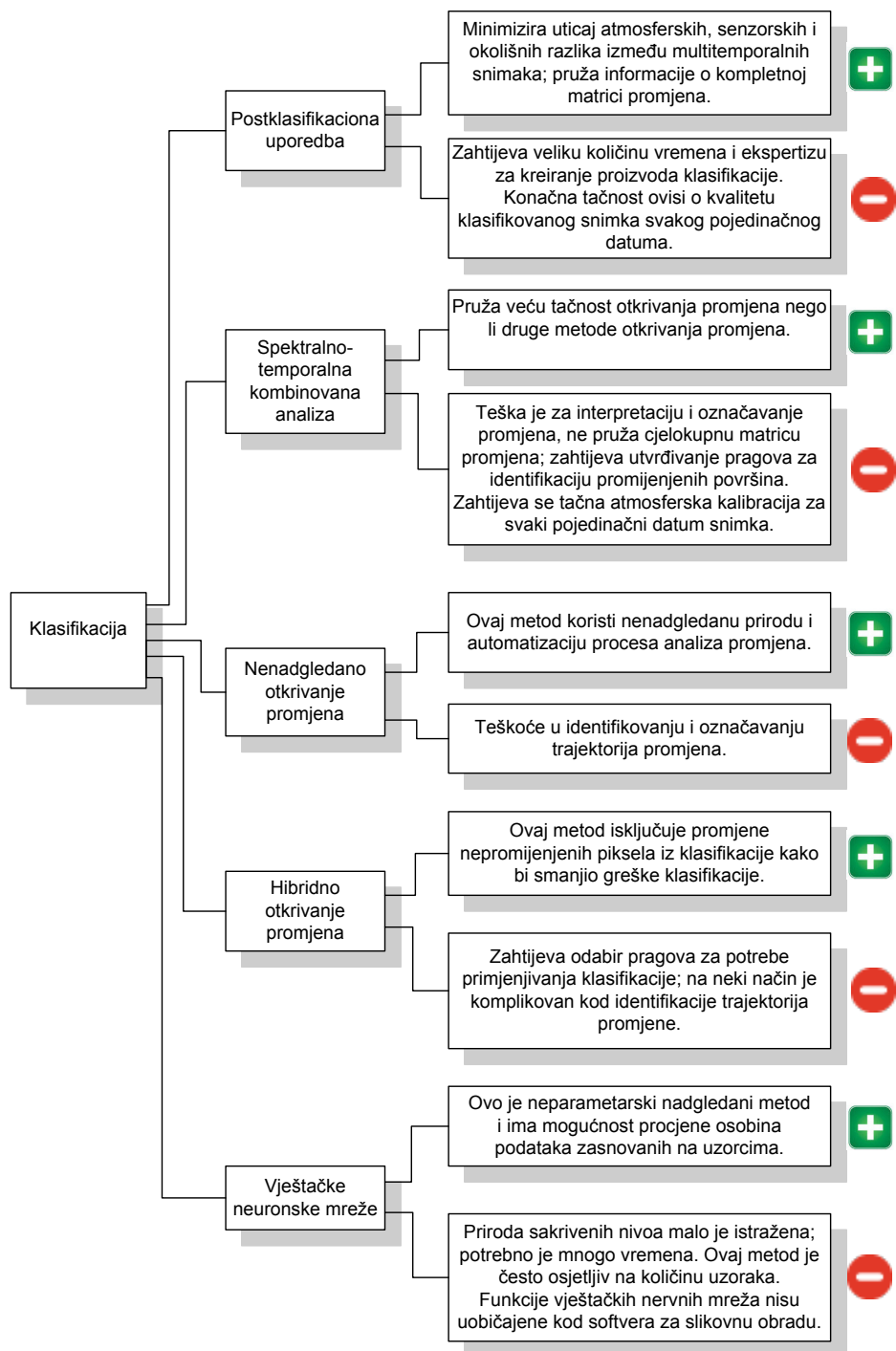
4. KLASIFIKACIJA

Klasifikaciona kategorija uključuje post-klasifikacionu uporedbu, spektralno-vremenske kombinovane analize, očekivano-maksimizacioni algoritam za otkrivanje promjena, nenadzirano otkrivanje promjena, hibridno otkrivanje promjena i vještačke neuronske mreže. Ove metode se temelje na klasifikovanju snimaka, u kojima su kvalitet i količina uzoraka podataka odlučujući za stvaranje rezultata klasifikacije dobrog kvaliteta. Glavna prednost ovih metoda je mogućnost pružanja podataka matrice promjena i smanjenje vanjskih atmosferskih uticaja i okolišnih razlika između multi-temporalnih snimaka. Međutim, odabir dovoljnog broja visoko kvalitetnih uzoraka za slikovnu klasifikaciju često je težak, a posebice za klasifikaciju historijskih slikovnih podataka. Vremenski zahtjevan i težak zadatak proizvodnje visoko tačnih klasifikacija često dovodi do nezadovoljavajućih rezultata otkrivanja promjena, a posebno kada nisu dostupni kvalitetni uzorci.

Metode klasifikacije često zahtijevaju veliku količinu uzoraka za nadgledanu ili nenadgledanu klasifikaciju slikovnih podataka. Slikovna transformacija, vegetacioni indeksi, napredne metode klasifikacije, modeliranje i integracija različitih izvora podataka često se koriste kako bi poboljšali rezultate klasifikacije.



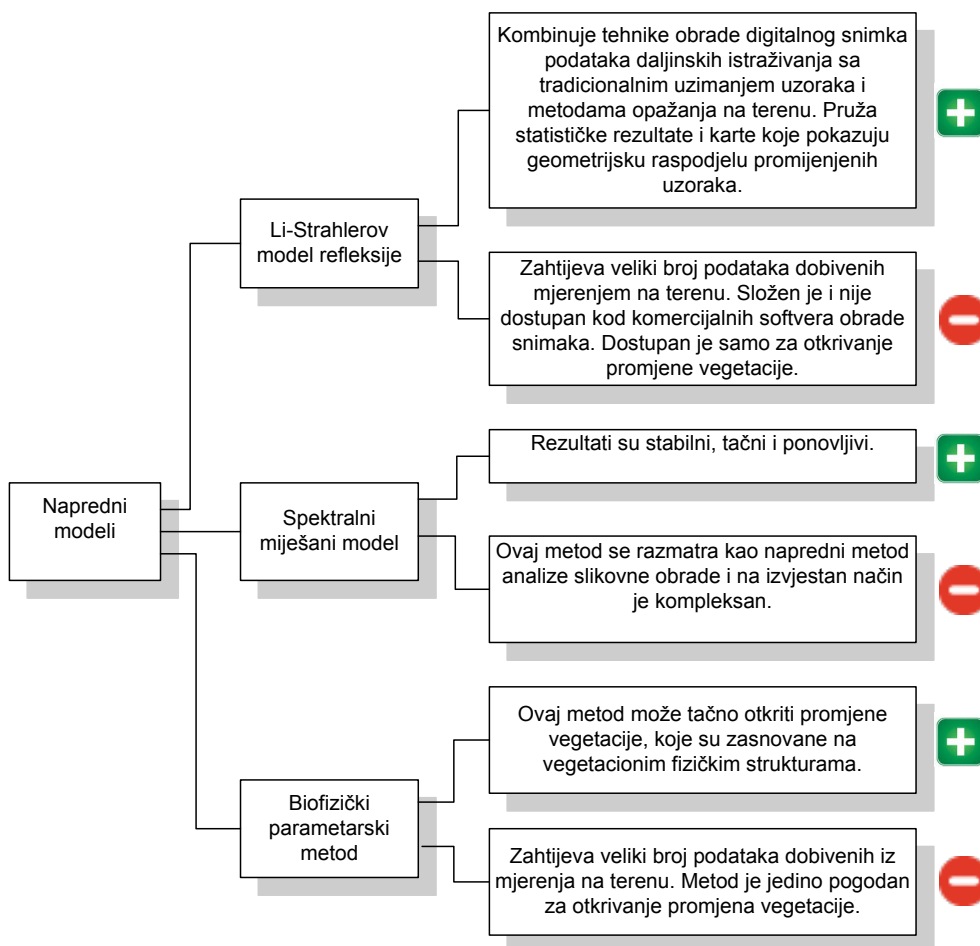
Slika 3: Transformacija



Slika 4: Klasifikacija

5. NAPREDNI MODELI

Napredni modeli otkrivanja promjena uključuju Li-Strahler-ov model refleksije, miješane spektrale modele i biofizičke parametarske modele procjene. Kod ovih metoda, vrijednosti slikovne refleksije često se pretvaraju u fizički zasnovane parametre ili razlomke preko linearnih ili nelinearnih modela. Nedostatak ovih metoda je dugotrajan i težak proces razvijanja pogodnih modela za pretvaranje vrijednosti refleksije snimka u biofizičke parametre.

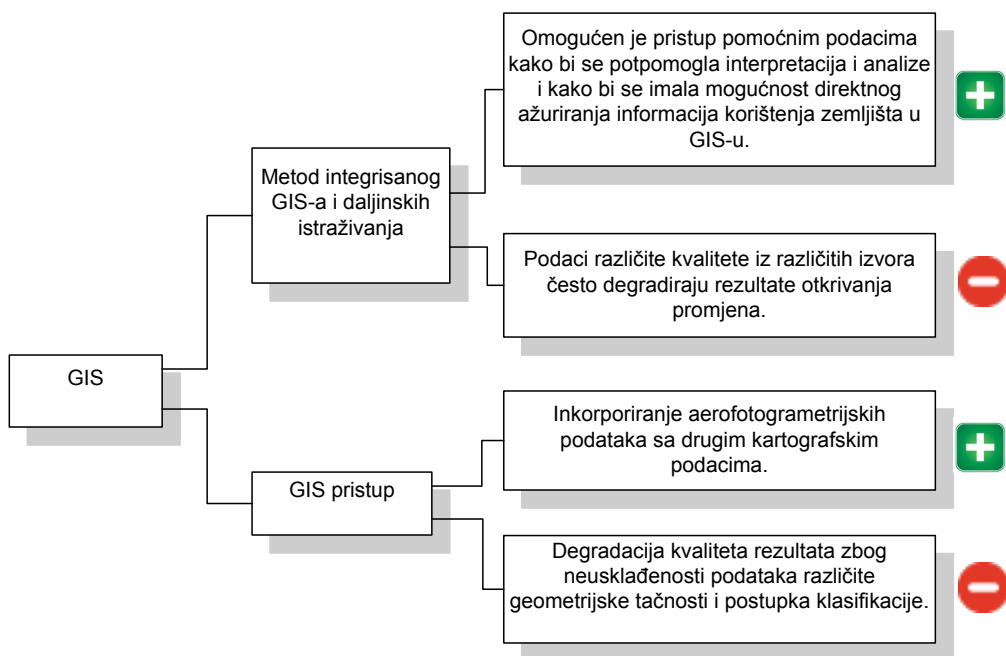


Slika 5: Napredni modeli

U ovoj kategoriji su: linearna spektralna miješana analiza (LSMA – engl. linear spectral mixture analysis) kao najčešće korišten pristup za otkrivanje promjena zemljišnog pokrivača ((Adams et al., 1995), (Roberts et al., 1998)), promjena vegetacije ((Ustin et al., 1998), (Rogan et al., 2002)), defolijacija – uništavanje lišća (Radeloff et al., 1999), izgorjela i oštećena područja (Wessman et al., 1997), promjene urbanih područja (Kressler, Steinnocher, 1996) i promjene u okolišu (Piwowar et al., 1998).

6. GIS

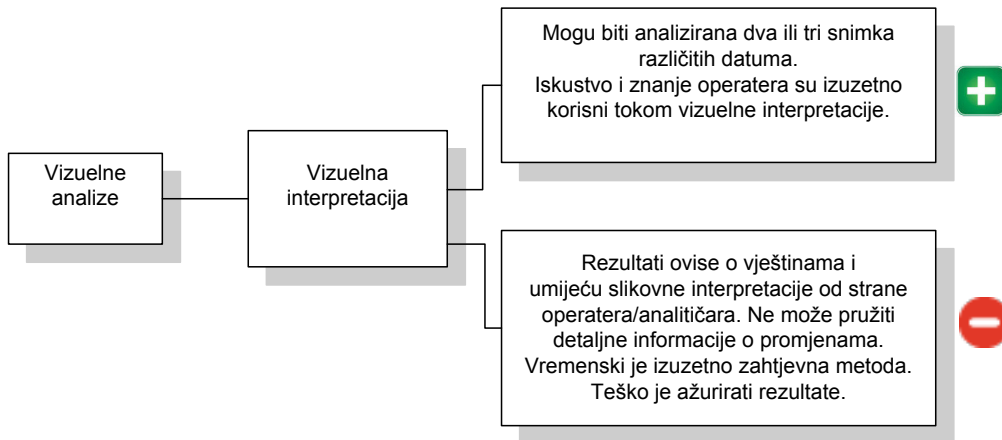
GIS-zasnovana kategorija detekcije promjena uključuje metod integrisanog GIS-a i daljinskih istraživanja i metod pravog GIS-a. Prednost korištenja GIS-a je sposobnost da uključi različite izvore podataka u aplikacije za otkrivanje promjena. Međutim, različiti izvori podataka povezani sa podacima različite tačnosti i formata često utiču na rezultate otkrivanja promjena.



Slika 6: GIS

7. VIZUELNE ANALIZE

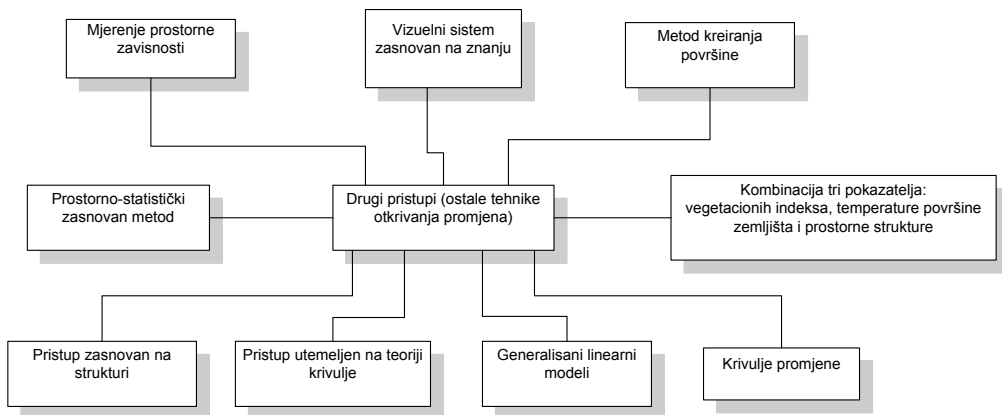
Ova metoda može u potpunosti koristiti analitičarevo iskustvo i znanje. Kategorija vizuelne analize uključuje vizuelnu interpretaciju kompozita multitemporalnih snimaka i direktno editovanje uočenih promjena. Tekstura, oblik, veličina i uzorci snimaka su ključni elementi korisni za identifikaciju promjena kroz vizuelnu interpretaciju. Kod vizuelne interpretacije vješt analitičar može inkorporirati sve pomenute elemente u pomaganju donošenja odluke o promjeni korištenja zemljišta. Nedostatak ove metode je trošenje mnogo vremena kod otkrivanja promjena za velika područja, a teško je i pravovremeno ažurirati rezultate otkrivanja promjena.



Slika 7: Vizuelne analize

8. DRUGI PRISTUPI (OSTALE TEHNIKE OTKRIVANJA PROMJENA)

Pored ranije navedenih i razmatranih šest kategorija otkrivanja promjena, postoje metode koje se ne mogu pripisati niti jednoj od navedenih kategorija. Ove tehnike se još uvijek ne koriste često u praksi. Ovom prilikom navedene su neke od takvih tehnika otkrivanja promjena.



Slika 8: Ostale tehnike otkrivanja promjena

9. ZAKLJUČAK

Zbog uticaja složenih faktora, različiti autori često dolaze do različitih, a ponekad i kontraverznih, zaključaka o tome koje su tehnike otkrivanja promjena najdjelotvornije i najefikasnije. U praksi, nije lako odabrati algoritam pogodan za određeni projekat otkrivanja promjena. Dakle, pregled tehnika otkrivanja promjena koristan je za razumijevanje kako se ove tehnike najbolje mogu koristiti kao pomoć za rješavanje određenih i konkretnih problema. Kada su odabrana studijska područja i slikovni podaci za istraživanje, identifikovanje pogodne tehnike za otkrivanje promjena postaje od velike važnosti u kreiranju kvalitetnih rezultata otkrivanja promjena.

Sa sigurnošću se može reći da niti jedna metoda nije pogodna za sve slučajeve. Izbor odgovarajuće metode zavisi od analitičarevog poznavanja metoda za otkrivanje promjena i spretnosti u rukovanju podacima daljinskih istraživanja, kao i korištenim podacima snimaka i karakteristikama istraživanog područja. Zbog poteškoća u utvrđivanju odgovarajuće metode, u praksi su različite tehnike otkrivanja promjena često testirane i upoređivane kako bi dale najbolji rezultat na temelju procjene tačnosti ili kvalitativne procjene. Istraživanja su pokazala da su kombinacije dvije tehnike za otkrivanje promjena poboljšali rezultate otkrivanja promjena. Najčešće metode otkrivanja promjena su diferenciranje snimka (ili slikovno diferenciranje), analize glavnih komponenti, analize promjena vektora i post-klasifikaciona uporedba.

LITERATURA

Adams, J. B., Sabol, D., Kapos, V., Filho, R. A., Roberts, D. A., Smith, M. O., Gillespie, A. R. (1995): Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: application to land-cover change in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment*, 52, 137–154.

Kressler, F., Steinnocher, K. (1996): Change detection in urban areas using satellite data and spectral mixture analysis. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 31, 379–383.

Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. S., Moran, E. (2004): Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 12, 2365–2407.

Piwowar, J. M., Peddle, D. R., Ledrew, E. F. (1998): Temporal mixture analysis of Arctic Sea ice imagery: a new approach for monitoring environment change. *Remote Sensing of Environment*, 63, 195–207.

Radeloff, V. C., Mladenoff, D. J., Boyce, M. S. (1999): Detecting jack pine budworm defoliation using spectral mixture analysis: separating effects from determinants. *Remote Sensing of Environment*, 69, 156–169.

Roberts, D. A., Batista, G. T., Pereira, J. L. G., Waller, E. K., Nelson, B. W. (1998): Change identification using multitemporal spectral mixture analysis: applications in eastern Amazonia. In *Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications*, edited by R. S. Lunetta and C. D. Elvidge (Chelsea, MI: Ann Arbor Press), pp. 137–161.

Rogan, J., Franklin, J., Roberts, D. A. (2002): A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper imagery. *Remote Sensing of Environment*, 80, 143–156.

Singh, A. (1989): Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 989–1003.

Ustin, S. L., Roberts, D. A., Hart, Q. J. (1998): Seasonal vegetation patterns in a California coastal savanna derived from Advanced Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) data. In *Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications*, edited by R. S. Lunetta and C. D. Elvidge (Chelsea, MI: Ann Arbor Press), pp. 163–180.

Wessman, C. A., Bateson, C. A., Benning, T. L. (1997): Detecting fire and grazing patterns in tallgrass prairie using spectral mixture analysis. *Ecological Applications*, 7, 493–511.

Autori:

Doc.dr.sc. Admir Mulahusić, dipl.inž.geod.

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo

Bosna i Hercegovina

E-mail: admir_mulahusic@gf.unsa.ba

Mr.sc. Nedim Tuno, dipl.inž.geod.

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo

Bosna i Hercegovina

E-mail: nedim_tuno@gf.unsa.ba