

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Geodezija,
smer Prostorska informatika

Kandidat:

Janez Dular

Uporaba metod večkriterijskega vrednotenja v geografskem informacijskem sistemu

Diplomska naloga št.: 717

Mentor:

izr. prof. dr. Radoš Šumrada

Somentor:

viš. pred. mag. Samo Drobne

Ljubljana, 18. 9. 2007

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **JANEZ DULAR** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»UPORABA METOD VEČKRITERIJSKEGA VREDNOTENJA V GEOGRAFSKEM
INFORMACIJSKEM SISTEMU«.**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 18.4.2011

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 004.6:659.2:91(043.2)

Avtor: Janez Dular

Mentor: izr. prof. dr. Radoš Šumrada

Somentor: viš. pred. mag. Samo Drobne

Naslov: Uporaba metod večkriterijskega vrednotenja v geografskem informacijskem sistemu

Obseg in oprema: 96 str., 8 pregl., 81 sl., 3 en.

Ključne besede: GIS, podatkovni sloj, večkriterijsko vrednotenje (VKV), kriteriji

Izvleček

Diplomsko delo obravnava uporabo metod večkriterijskega vrednotenja v geografskem informacijskem sistemu. V prvem delu so predstavljene teoretične osnove za izvedbo naloge. Opisani so pojmi in postopki v geografskem informacijskem sistemu ter osnove večkriterijskega vrednotenja. V drugem delu diplomske naloge je podrobno opisan praktični del naloge. Za njegovo izvedbo uporabimo GIS – orodja ArcGIS 9.1 ter Idrisi Andes 15.0. Prikazano je združevanje podob (kriterijev) z različnimi metodami večkriterijskega vrednotenja. Cilj teh metod je določitev območij za poselitev ter industrijo. Osnovna metoda večkriterijskega vrednotenja je Boolovo združevanje podob, kjer ponavadi označimo z 0 neprimerna, z 1 pa primerna območja. Tej metodi sledi uravnotežena linearna kombinacija, ki obravnava podobe z lestvico primernosti 0 – 255. Prednost te metode je v merljivosti rezultatov. Sledi metoda razvrstilnega uteženega povprečenenja, kjer so poleg osnovnih uteži uporabljene tudi razvrstilne uteži. S pomočjo razvrstilnih uteži nadzorujemo tveganje in uravnoteženje kriterijev. V nadaljevanju je razložena in uporabljena metoda izbora najboljših območij za doseg zastavljenega cilja (poselitev, industrija). Na koncu diplomskega dela pa je opisana še metoda večkriterijskega vrednotenja pri doseganju več ciljev.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.6:659.2:91(043.2)
Author: Janez Dular
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Radoš Šumrada
Coadvisor: Sen. Lect. Samo Drobne, MSc
Title: The use of Multicriteria Evaluation in Geographic Information System
Notes: 96 p., 8 tab., 81 fig., 3 eq.
Key words: GIS, layer, multicriteria evaluation (MCE) , criteria

Abstract

This thesis focuses on the use of multicriteria evaluation in geographic information system. The theory of MCE, terminology and the methods of GIS are presented in the first part. The second part of diploma includes a description of practical dealing with the problem. We can use two GIS – tools for practical work: ArcGIS 9.1 and Idrisi Andes 15.0. In this part, joining images (criteria) with various methods of multicriteria evaluation are described. The purpose of these methods is to find appropriate areas for industry and settlement. The basic method of multicriteria evaluation is Boolean joining of the images. The outcome is illustrated with combination of 0 (unsuitable) and 1 (suitable). The second method described in this diploma is weighted linear combination, which treats the images with range of relevance 0 – 255. The advantage of this method is to interpret the result. Ordered Weighted Averaging is the method where we add, besides the usual weights, the new set of weights, ordered weights. An ordered weight allows controlling the risk and weighting of criteria. Furthermore, the method of finding the most suitable places according to our goal (f.e. industry) is described. In the end of the diploma I present the use of multicriteria evaluation for solving problems with multi-goals.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Radošu Šumradi ter somentorju viš. pred. mag. Samu Drobnetu.

Zahvalil bi se tudi svoji mami, ki mi je vsa leta študija nudila pomoč ter Ireni za njeno potrpežljivost.

Kazalo:

1	UVOD.....	1
2	TEORETIČNE OSNOVE	3
2.1	Splošno o GIS	3
2.1.1	Rasterizacija, vektorizacija.....	4
2.1.2	Določanje in spreminjanje meja razredov.....	5
2.1.3	Prekrivanje podatkovnih slojev.....	5
2.1.3.1	Vektorska in rastrska izvedba prekrivanja podatkovnih slojev	5
2.1.3.2	Logično prekrivanje.....	5
2.1.3.3	Matematično prekrivanje:	5
2.1.4	Izračun razdalj ter povezanosti	6
2.1.4.1	Izračun ploskev oddaljenosti.....	6
2.1.4.2	Vmesna (bafer) območja	6
2.1.4.3	Stroškovna ploskev	6
2.1.5	Izračun naklona.....	6
2.1.6	Modeliranje ploskev.....	7
2.1.7	Rastrska ponazoritev in predstavitev prostorske ploskve.....	7
2.1.8	Prostorska interpolacija:	7
2.1.8.1	Metoda minimalne ukrivljenosti.....	8
2.2	Večkriterijsko vrednotenje.....	10
2.2.1	Definicija problema.....	12
2.2.2	Kriteriji	12
2.2.3	Alternative	13
2.2.4	Uteži kriterijev.....	13
2.2.5	Pravila odločitve	13
2.2.6	Analiza občutljivosti	14
2.2.7	Priporočilo	14
2.2.8	Analize večkriterijskih prostorskih odločitev.....	14
2.2.9	Alternativne odločitve.....	15
2.2.10	Omejitve odločitev.....	16

2.2.11	Ocenjevanje uteži kriterijev	16
3	PRAKTIČNI DEL NALOGE	19
3.1	Predstavitev vhodnih podatkov	19
3.1.1	Podatkovni sloj raba tal	19
3.1.2	Pregledni sloj cest	21
3.1.3	Vektorski sloj voda	23
3.1.4	Naklon	24
3.2	Oblikovanje kriterijev in omejitev	27
3.2.1	Omejitve	28
3.2.2	Faktorji	30
3.3	Boolov pristop	34
3.3.1	Faktor rabe tal	34
3.3.2	Faktor oddaljenosti od cest	35
3.3.3	Faktor oddaljenosti od mestnega središča	36
3.3.4	Faktor naklona terena	37
3.3.5	Faktor oddaljenosti od voda	38
3.3.6	Faktor oddaljenosti od poseljenih površin	39
3.3.7	Boolova metoda združevanja faktorjev in omejitev	39
3.4	Večkriterijsko vrednotenje: (Ne)Boolova standardizacija in utežena linearna kombinacija	42
3.4.1	Faktor rabe tal	44
3.4.2	Faktor oddaljenosti od mestnega središča	46
3.4.3	Faktor oddaljenosti od voda	47
3.4.4	Faktor oddaljenosti od cest	48
3.4.5	Faktor naklona terena	49
3.4.6	Faktor oddaljenosti od poseljenih površin	50
3.4.7	Določanje uteži faktorjem za združevanje	52
3.4.8	Združitev uteženih faktorjev in omejitev z uteženo linearno kombinacijo	53
3.5	Razvrstilno uteženo povprečenje	57
3.5.1	Srednje tveganje in popolno uravnoteženje	58
3.5.2	Majhno tveganje in nič uravnoteženja	59

3.5.3	Veliko tveganje in nič uravnoteženja	62
3.5.4	Različne stopnje tveganja in uravnoteženja	64
3.5.5	Razvrstitev faktorjev glede na uravnoteženje	68
3.6	VKV: Izbira zemljišča po Boolovem in zveznem pristopu.....	72
3.6.1	Izbira zemljišča z uporabo rezultata Boolovega pristopa	72
3.6.2	Izbira zemljišča z uporabo podob zvezne primernosti	73
3.6.2.1	Prag primernosti	74
3.6.2.2	Iterativna analiza z uporabo orodja Macro	76
3.6.2.3	Določitev praga skupne površine.....	80
3.7	Večkriterijsko vrednotenje pri več ciljih	83
4	ZAKLJUČEK.....	89
VIRI	91
PRILOGE	93

PRILOGA A: Diagram poteka Boolove metode združevanja faktorjev in omejitev

PRILOGA B: Diagram poteka utežene linearne kombinacije

PRILOGA C: Diagram poteka razvrstilnega uteženega povprečenja

PRILOGA D: Diagram poteka večkriterijskega vrednotenja pri več ciljih

Kazalo preglednic:

Preglednica 2.1: Medsebojna pomembnost kritijev	18
Preglednica 3.1: Šifrant rabe tal	20
Preglednica 3.2: Koordinate testnega območja	26
Preglednica 3.3: Kategorije rabe tal in dodeljene uteži	45
Preglednica 3.4: Uteži stroškovnih faktorjev	68
Preglednica 3.5: Uteži faktorjev okolja	69
Preglednica 3.6: Statistični podatki območij.....	77
Preglednica 3.7: Podatki o velikosti območij	77
Preglednica 3.8: Površina posameznega cilja	88

Kazalo slik:

Slika 1.1: Obravnavne občine s prikazom testnega območja.....	2
Slika 2.1: Matrika odločitev	10
Slika 2.2: Postopek odločanja	12
Slika 3.1: Vektorski sloj rabe tal.....	19
Slika 3.3: Vektorski sloj cest	22
Slika 3.4: Vektorski sloj vode.....	23
Slika 3.5: Digitalni model višin v primeru uporabe DMR25	24
Slika 3.6: Naklon v odstotkih v primeru uporabe DMR25	25
Slika 3.7: Naklon v odstotkih v primeru uporabe.....	26
Slika 3.8: 50-metrsko območje okoli voda	28
Slika 3.9: Omejitev glede na primernost posamezne rabe tal za novo poselitev.....	29
Slika 3.10: Oddaljenost od cest v metrih.....	30
Slika 3.11: Stroškovna ploskev oddaljenosti od središča mesta Trebnje.....	31
Slika 3.12: Naklon v odstotkih	32
Slika 3.13: Oddaljenost od voda	33
Slika 3.14: Oddaljenost od poseljenih površin	33
Slika 3.15: Faktor rabe tal.....	34
Slika 3.16: Faktor oddaljenosti od cest	35
Slika 3.17: Faktor oddaljenosti od mestnega središča	36
Slika 3.18: Faktor naklona terena	37
Slika 3.19: Faktor oddaljenosti od voda.....	38
Slika 3.20: Faktor oddaljenosti od poseljenih površin	39
Slika 3.23: Podoba primernosti ustvarjena z Boolovim presekom.....	40
Slika 3.22: Primerna območja in digitalni ortofoto	40
Slika 3.23: Detajlni prikaz primernih območij po metodi	
Boolovega združevanja kriterijev.....	41
Slika 3.24: Opredelitev ciljev	43
Slika 3.25: Dodajanje omejitev	43
Slika 3.26: Dodajanje faktorjev	44

Slika 3.27: Prevrednoten faktor rabe tal	45
Slika 3.28: Prevrednotenje faktorja oddaljenosti od mesta	46
Slika 3.29: Prevrednoten faktor oddaljenosti od mesta	47
Slika 3.30: Prevrednotenje faktorja oddaljenosti od voda	48
Slika 3.31: Prevrednoten faktor oddaljenosti od voda	48
Slika 3.32: Prevrednotenje faktorja oddaljenosti od cest	49
Slika 3.33: Prevrednoten faktor oddaljenosti od cest	49
Slika 3.34: Prevrednotenje faktorja naklona	50
Slika 3.35: Prevrednoten faktor naklona	50
Slika 3.36: Prevrednotenje faktorja oddaljenosti od poseljenih površin	51
Slika 3.37: Prevrednoten faktor oddaljenosti od poseljenih površin	51
Slika 3.38: Modul uteži	52
Slika 3.39: Uteži faktorjev	53
Slika 3.40: Rezultat utežene linearne kombinacije	54
Slika 3.41: Rezultat utežene linearne kombinacije in digitalni ortofoto	54
Slika 3.42: Detajlni prikaz območja rezultata na območju vasi Šentlovrenc	55
Slika 3.43: Določitev razvrstilnih uteži	58
Slika 3.44: Rezultat s srednjim tveganjem ter popolnim uravnoteženjem	59
Slika 3.45: Določanje razvrstilnih uteži	60
Slika 3.46: Rezultat z majhnim tveganjem brez uravnoteženja	61
Slika 3.47: Detajlni prikaz območja vasi Šentlovrenc v primeru majhnega tveganja ter brez uravnoteženja	61
Slika 3.48: Primerjava Boolove metode ter metode z razvrstilnimi utežmi	62
Slika 3.49: Rezultat z velikim tveganjem brez uravnoteženja	63
Slika 3.50: Strateški trikotnik odločanja	63
Slika 3.51: Določanje razvrstilnih uteži za primer majhne stopnje tveganja in nekaj uravnoteženja	64
Slika 3.52: Rezultat z majhnim tveganjem ter nekaj uravnoteženja	65
Slika 3.53: Rezultat z veliko stopnjo tveganja ter nekaj uravnoteženja	66
Slika 3.54: Srednja stopnja tveganja in nič uravnoteženja	67
Slika 3.55: Rezultat s srednjo stopnjo tveganja brez uravnoteženja	67
Slika 3.56: Združeni stroškovni faktorji	69

Slika 3.57: Združena faktorja okolja	70
Slika 3.58: Primerne površine za poselitev	70
Slika 3.59: Detajlni prikaz območja vasi Šentlovrenc za primer ločenega obravnavanja faktorjev	71
Slika 3.60: Zemljišča velikosti najmanj 1 ha primerna za poselitev	73
Slika 3.61: Primerne površine za poselitev	74
Slika 3.62: Primerne površine za poselitev, prag primernosti 200, velikost nad 1 ha	75
Slika 3.63: Detajlni prikaz območja za prag primernosti 200 ter velikost najmanj 20 ha	76
Slika 3.64: Identifikatorji območij	78
Slika 3.65: Zemljišča za poselitev, velikost 1 ha, prag primernosti 200	78
Slika 3.66: Zemljišča za poselitev, velikost 1 ha, prag primernosti 175	79
Slika 3.67: Izbira 200 ha najboljših zemljišč za poselitev	80
Slika 3.68: Najboljših 200 ha za poselitev v primeru uravnotežene linearne kombinacije	81
Slika 3.69: Najboljših 100 ha za poselitev v primeru uravnotežene linearne kombinacije	81
Slika 3.70: Podoba najboljših 200 ha v primeru ločenega obravnavanja stroškovnih faktorjev ter faktorjev okolja	82
Slika 3.71: Izbira ciljev pri več ciljnem problemu	83
Slika 3.72: Dodajanje faktorjev pri drugem cilju - industriji	84
Slika 3.73: Določanje uteži za drugi cilj - industrijo	84
Slika 3.74: Podoba primernosti površin za industrijo	85
Slika 3.75: Konfliktna območja	86
Slika 3.76: Določanje uteži za posamezen cilj	87
Slika 3.77: Rezultat dodelitve zemljišč več ciljem	87
Slika 3.78: Rezultat dodelitve zemljišč več ciljem – večje površine	88

1 UVOD

Predmet diplomske naloge je opis postopka večkriterijskega vrednotenja s pomočjo GIS – orodja Idrisi Andes¹. Analiza za podporo odločitvam je skupina sistematičnih postopkov za analiziranje zapletenih problemov. Osnovna strategija je, da razdelimo problem na majhne razumljive dele, analiziramo vsak del posebej ter jih nato združimo nazaj za pridobitev najboljše rešitve. Problemi, ki zanimajo prostorske planerje in geografe, vsebujejo veliko število alternativ ter ocenjevalnih kriterijev. Alternative običajno ocenjujejo ne samo prostorski planerji, ampak tudi razni vodje, menedžerji, direktorji in interesne skupine. Veliko problemov se tako rešuje s pomočjo geografskih informacijskih sistemov, ki so podlaga za večkriterijsko vrednotenje. 80 % vseh podatkov, ki jih uporabljajo razni menedžerji in analitiki, je prostorskega značaja. Geografski podatki se lahko prištevajo k prostorskim podatkom. Prostorski podatki, ki se nanašajo na lokacijo pojavov na Zemlji se imenujejo geografski podatki. Velikokrat pa ta dva pojma zamenjamo. Podatki sami po sebi pogosto nimajo uporabne vrednosti. Če jih hočemo uporabiti, moramo iz njih pridobiti informacije. Ko so podatki organizirani, predstavljeni, analizirani ter razloženi, takrat postanejo uporabni za nas, lahko postanejo informacije (Malczewski, 1999).

Pri večkriterijskem vrednotenju gre predvsem za postopke, analize, podprte z GIS – tehnologijo, ki pomagajo planerjem pri odločitvah v prostorskem planiranju. V diplomski nalogi so prikazani različni postopki večkriterijskega vrednotenja. Od najbolj enostavnega Boolovega združevanja podob, malo bolj zahtevne utežene linearne kombinacije do zahtevnega združevanja z razvrstilnimi utežmi. Z večkriterijskim vrednotenjem lahko iščemo primerna območja tudi za več ciljev, kot sta recimo poselitev ter industrija. Opisane so tudi osnovne prostorske analize, kot so določanje in spreminjanje razredov, prekrivanje podatkovnih slojev, izračun razdalj ter povezanosti, določitev naklona terena, prostorske interpolacije. Prostorske analize smo izvedli za testno območje znotraj občin Trebnje, Litija, Mirna peč in Žužemberk (slika 1.1).

¹Idrisi Andes je zaščitena blagovna znamka Clark Labs.



Slika 1.1: Obravnavne občine s prikazom testnega območja

Diplomsko delo ni povezano z nobenim projektom, števila v diplomski nalogi so izmišljena ter prirejena za nazorno predstavitev postopkov večkriterijskega vrednotenja.

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 *Splošno o GIS*

»GIS – sistem je računalniški podatkovno procesni sistem za učinkovito zajemanje, vzdrževanje, analize, porazdeljevanje in prikazovanje prostorskih podatkov. Številni softverski moduli delujejo nad osrednjim sistemom baze podatkov.« (Šumrada, 2005a: 3)

Splošen opis GIS in postopkov v njih povzemamo po (Šumrada, 2005a). V nadaljevanju so podane tiste značilnosti in postopki, katere posebej obravnavamo v postopkih večkriterijskega vrednotenja.

Prostorski podatki so podatki o opisnih in kartografskih lastnostih ter odnosih med geografskimi objekti, ki so podani v enotnem georeferenčnem sistemu. Podatki so shranjeni v povezani podatkovni bazi GIS, ki je sestavljena iz splošne baze za tematske podatke, ter posebne grafične podatkovne baze za lokacijske podatke. Grafične baze podatkov temeljijo na dvorazsežnem kartografskem podatkovnem modelu dela stvarnosti. Obravnavano območje razstavimo na tematske plasti ali podatkovne sloje. Podatkovni sloji obravnavajo določen vidik ali lastnost območja obravnave. Območje obravnave je poenostavljen model dela stvarnosti. Uporabniški podatki so v bazah GIS organizirani po delovnih projektih. Uporabniški projekt se nadalje lahko deli na več tematik. V uporabniškem projektu lahko hranimo kombinacije rastrskih, vektorskih, CAD, TIN ali območnih podatkov, opisne podatke, oznake, besedila, in druge posebne binarne podatke.

Uporabniški projekti v GIS – sistemu vsebujejo poljubno število objektov. Objekt je pojav razreda in je celovita podatkovna entiteta v projektni datoteki, ki jo GIS – orodja imenujejo kot samostojno podatkovno enoto. (Šumrada, 2005a)

Grafični podatki so lahko v sistemih GIS podani v *vektorski* ali *rastrski* obliki.

Rastrski objekt je dvorazsežno podatkovno polje – matrika. Ta vsebuje razne vrednosti enotnega podatkovnega tipa. Obstoj določene lastnosti prostora, kot so denimo vrsta prsti, višina, je predstavljena z vrednostjo rastrskega objekta. Osnovni položaj v matriki vrednosti se imenuje celica. Opredeljena je s številko vrstice ter stolpca. Vrednosti celic so kodirane in so prikazane z barvo in intenzivnosti slikovnih elementov ali pikslov. Število pomnilniških bitov, ki so na voljo za zapis vsake rastrske celice nam pove podatkovni obseg celice. Vrednosti celic so lahko 1-bitni, 4, 8, 16, 32, 64, 128 bitni in so navadno cela števila (izjema so kompleksna števila). Rastrski podatki so lahko podani za vsako celico posebej - vrednosti so podane za vsako celico, lahko pa so vrednosti podane le za oglišča celic.

Vektorske objekte tvorijo tradicionalni grafični elementi: točke, linije, poligoni, vozlišča in oznake. Tem gradnikom so določeni razni atributi. Vektorske objekte prikazujemo z točkovnimi kartografskimi znaki, linijskimi in poligonskimi vzorci, barvnimi plastmi ter kartografskimi spremenljivkami. Za uspešno izvedbo analiz morajo imeti vektorski objekti vzpostavljeno topologijo, ki zagotavlja, da se vsi segmenti sekajo samo v vozliščih, ter da vsa območja obdajajo sklenjeni poligoni. Vektorski objekti:

- točka: je opredeljena s koordinatami (x, y, z);
- vozlišče: točka, ki končuje ali začneja linijski segment;
- segment: usmerjena povezava, ki se začne in konča v vozlišču;
- poligon: tvorijo en ali več segmentov, ki lahko določajo zaprto področje.

2.1.1 Rasterizacija, vektorizacija

GIS – programi včasih potrebujejo podatke v drugačni obliki kot so vhodni podatki. V takem primeru uporabimo vektorsko – rastrske pretvorbe. Vektorske podatke pretvorimo v rastrske s pomočjo postopka *rasterizacije*. Pri rasterizaciji se linije in poligoni najprej prekrijejo z gridno mrežo določene ločljivosti. Nato se vsaki celici, katere središče pade v določen poligon pripiše ustrezna vrednost, ki je enaka atributni vrednosti poligona. Obratno, pretvorba rastrskih podatkov v vektorske je veliko bolj zamudna. V vsakem primeru se pri taki pretvorbi del podatkov izgubi. Vsem celicam z enako vrednostjo se določi obodni poligon. Nato sledi izboljšava oblik in odpravljanje neskladij. Kakovost nastalih vektorskih podatkov izboljšamo

z glajenjem linij, tanjšanjem linij, določanjem vozlišč, formiranjem presekov linij, oblikovanjem in glajenjem linijskih povezav, oblikovanjem in razvrščanjem segmentov ter zapiranjem območij, dodatnim popravljanjem.

2.1.2 Določanje in spreminjanje meja razredov

Določanje meja razredov – klasifikacija je analitična operacija, ko razvrščamo vrednosti atributov v posamezne razrede oz. skupine. Združevanje ali preoblikovanje razredov pa imenujemo reklasifikacija ali spreminjanje meja razredov. Rezultat teh dveh operacij je nov podatkovni sloj z novimi spremenljivkami. Klasifikacija in reklasifikacija rastrskih podatkov je enostavnejša od klasifikacije in reklasifikacije vektorskih podatkov, kjer je potrebno upoštevati še topološke lastnosti.

2.1.3 Prekrivanje podatkovnih slojev

2.1.3.1 Vektorska in rastrska izvedba prekrivanja podatkovnih slojev

S prekrivanjem dveh ali več podatkovnih slojev, ki prikazujejo isto območje obravnave, lahko z ustrezno obdelavo izdelamo nov podatkovni sloj. Pri vektorskem pristopu je prekrivanje podatkovnih slojev bolj zapleteno. Pri rastrski sestavi so ti postopki del algebre karte.

2.1.3.2 Logično prekrivanje

Logično prekrivanje je analitična operacija prekrivanja podatkovnih slojev podanih v Boolovi obliki. Najbolj uporabljeni operaciji sta konjunkcija in disjunkcija. Konjunkcijo (logični IN) uporabljamo za odkrivanje območij, kjer se objekti prekrivajo. Disjunkcijo (logični ALI) pa uporabljamo za odkrivanje območij, kjer je izpolnjen vsaj en pogoj.

2.1.3.3 Matematično prekrivanje:

Sem prištevamo operacije seštevanja, odštevanja, množenja in deljenja vrednosti obravnavanega atributa na več podatkovnih slojih. Prednosti aritmetičnega pred logičnim prekrivanjem sta boljša merljivost rezultatov ter možnost opredelitve kriterija uteži.

2.1.4 Izračun razdalj ter povezanosti

Izračun razdalj ter povezanosti je analitična operacija, s katero izračunamo relativni položaj pojavov na karti. Ločimo *enostavnejše* ter *zahtevne* postopke. Med *enostavnejše* spadajo *izračun ploskev oddaljenosti* ter *vmesnih razdalj*.

2.1.4.1 Izračun ploskev oddaljenosti

GIS – orodja omogočajo izračun najkrajše razdalje med točkami, med nizom točk ter izbranimi linijami. Zanima nas zvezno spreminjanje vrednosti oddaljenosti.

2.1.4.2 Vmesna (bafer) območja

Določitev vmesnih (bafer) območij se uporablja predvsem v vektorski organizaciji podatkov. V rastrski organizaciji podatkov se bližina izračuna na podlagi ločljivosti celic. Kot rezultat dobimo nov podatkovni sloj, vrednost celice predstavlja razdaljo od obravnavanega objekta. Najbolj enostavna je sestava vektorskega vmesnega območja okoli točkovnega objekta. Izvede se kot krog ustreznega radija okoli točke. Pri linijskih objektih se v obeh vozliščih tvori krog ustreznega radija, na katerega se priredi dve z izvorno linijo vzporedni tangenti.

2.1.4.3 Stroškovna ploskev

Spada k zahtevnim analitičnim operacijam. Stroškovne ploskve uporabimo v primeru, kjer potrebujemo boljše rezultate od približkov enostavnega merjenja razdalj. Lahko upoštevamo tudi ovire iz stvarnega sveta ali predpostavljene zahteve s tem, da določimo strošek oziroma težavnost premikanja. Količino, ki opredeljuje tak strošek imenujemo upor. Stroškovno ploskev izvedemo tako, da iz izvorne točke v smeri ciljne točke upoštevamo tudi vrednosti upora.

2.1.5 Izračun naklona

Naklon terena predstavlja strmino ali gradient enote obravnavanega terena. Naklon najpogosteje podajamo v stopinjah ($^{\circ}$) ali odstotkih (%). Za izračun naklona poznamo več metod, ki jih izbiramo predvsem glede na sestavo prostorskih podatkov. V rastrski gridni predstavitvi terena računamo naklon s pomočjo devet celičnega filtra, ki sistematično prekrije posamezne dele digitalnega modela višin (DMV). Tako določimo ploskev, ki se najbolj prilega vsaki celici v sredini filtra.

2.1.6 Modeliranje ploskev

S pomočjo razpoložljivih trirazsežnih točkovnih podatkov tvorimo aproksimacijo funkcionalne površine. Ti podatki so lahko naključno ali pa geometrično pravilno razporejeni. Funkcionalne ploskve prikazujemo rastrsko kot digitalne modele višin, vektorsko z izolijnami, mrežo neenakih trikotnikov kot TIN objekte, lahko pa jih ponazorimo tudi s pomočjo profilov.

Iz vhodnega objekta interpoliramo pravilno gridno mrežo vrednosti. Kot rezultat dobimo izhodno ploskev podano kot matrika ali pa kot rastrski objekt.

Viri podatkov za prostorske interpolacije so:

- stereoskopski letalski ali satelitski posnetki,
- rastrski modeli (DMV, DMT, DMR), karte, načrti,
- digitalizirane vektorske linije in poljubni profili,
- končna množica diskretnih, naključno razporejenih točk. Obravnavani atribut je opazovan neposredno ali pa je določen posredno.

2.1.7 Rastrska ponazoritev in predstavitev prostorske ploskve

Temelji na geometrično pravilni gridni mreži. Vrednosti modeliranega atributa so podane v vogalih vsake gridne celice. Velikost celice določa ločljivost rastrske ponazoritve. Najprej določimo, v katero gridno celico pade podana točka. Z metodo interpolacije nato na podlagi oglišč znotraj celice določimo tretjo, iskano vrednost točke. Lahko upoštevamo tudi vrednosti sosednjih celic.

2.1.8 Prostorska interpolacija:

Prostorska interpolacija je potek določitve vmesnih vrednosti med podanimi opazovanji. Vloga prostorske interpolacije na področju GIS je določitev vrednosti na vmesnih lokacijah, katere so lahko razporejene sistematično ali pa naključno (Šumrada, 2005a).

Cilj prostorske interpolacije je sestava zvezne ploskve s pomočjo diskretnih točkovnih podatkov, kateri so lahko urejeni kot gridna mreža točk. Prostorska interpolacija je tako metoda določitve vrednosti ploskve na nepoznani točki in lokaciji s pomočjo vrednosti iskanega atributa na okoljskih točkah. Iskana točka se nahaja znotraj območja podanih točk.

Tukaj velja verjetnostno načelo, da se vrednosti opazovanega atributa na točkah, ki so blizu skupaj manj razlikujejo kot vrednosti na bolj oddaljenih točkah.

Prostorske interpolacije delimo na:

- **Lokalne:** ponavljaje določajo matematično funkcijo v okolici nove točke na podlagi bližnjih podanih točk.
- **Globalne:** ena matematična funkcija, ki se najbolj prilega vsem podanim točkam.
- **Deterministične interpolacijske metode:** uporabljajo se, ko dovolj dobro poznamo lastnosti obravnavanega območja ter tako določimo matematično funkcijo brez večje negotovosti.
- **Stohastične interpolacijske metode:** z razliko od deterministične metode tukaj metoda temelji na domnevnih modelih. Izhajamo iz negotovosti pojavov na območju obravnave.

Deterministične metode razdelimo glede na obseg na lokalne in globalne. Globalni način uporablja vse razpoložljive podatke, da se določi najboljše prilegajoča ploskev na celotnem področju obravnave. Lokalni interpolacijski pristopi izbirajo manjša vplivna območja v neposredni bližini obravnavane lokacije. Na tak način zagotovimo večji utežni vpliv bližnjih točk in boljše lokalno prileganje ploskve.

Postopek globalne interpolacijske metode tvori najboljše prilegajočo se celotno interpolacijsko ploskev skozi vse podane lokacije. Navadno ne upošteva, da so bližnje točke vrednostno sorodne. Rezultat je lahko večje odstopanje ploskve na posameznih lokacijah.

2.1.8.1 Metoda minimalne ukrivljenosti

V praktičnem delu diplomske naloge smo uporabili globalno interpolacijsko metodo *minimalne ukrivljenosti*. Ta uporablja dvorazsežno kubično funkcijo zlepkov, katera prilagodi gladko globalno ploskev nizu z višinami podanih točk. Izračun se ponavlja, dokler ni končna ploskev čim bolj gladka in čim manj ukrivljena. Vhodni podatki so lahko naključno razporejene točke, podane s koordinatami, digitalne vektorske izolinije, pravilna gridna mreža ali pa mreža trikotnikov.

Iskane vrednosti se ocenijo z uporabo matematične funkcije, katera zmanjšuje celotno ukrivljenost ploskve, zato da jo prilagodi nizu z višinami podanih vzorčnih točk. Dobimo gladko ploskev, ki poteka skozi vhodne točke. Metoda zna predvideti tudi "hribe" in "doline" (Bobnar, 2005).

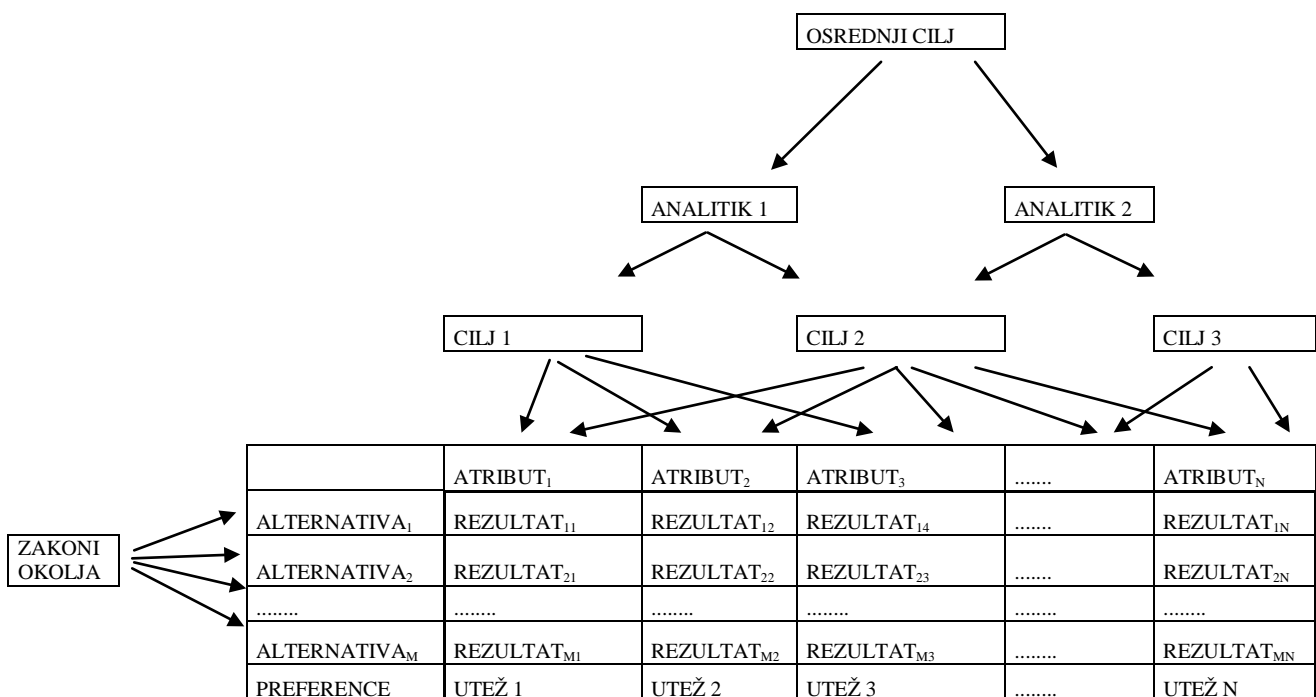
2.2 Večkriterijsko vrednotenje

Splošno o večkriterijskem odločanju povzemamo po (Malczewski, 1999).

Problem večkriterijskega vrednotenja za podporo pri odločitvah je sestavljen iz šestih sestavin:

- cilja oziroma skupine ciljev, katere želijo prostorski planerji doseči,
- osebe oz. skupine oseb, ki sprejemajo odločitve v postopku odločanja,
- kriterijev za vrednotenje (cilji in lastnosti), na podlagi katerih se planerji odločajo,
- skupine alternativnih rešitev,
- skupine nekontroliranih sprememb v okolju ter
- rezultatov ter posledic takih odločitev.

Odnosi med elementi večkriterijskega vrednotenja so prikazani na sliki 2.1. Osrednji element je matrika odločitev. Matrika prikazuje rezultate teh odločitev za skupino alternativ ter kriterijev.



Slika 2.1: Matrika odločitev (vir: Malczewski, 1999, str. 82)

Struktura stolpcev vsebuje nivoje, ki predstavljajo odločevalce - analitike, njihove preference in vrednotene kriterije. Ti elementi so organizirani v hierarhični strukturi. Najbolj splošen nivo je osrednji cilj. Kot primer, navedimo osrednji cilj izboljšanje kvalitete življenja v določeni regiji. Reševanje problema običajno vključuje večje število oseb, ki proučujejo ta problem (interesne skupine). Kot oseba, ki sprejema odločitve, je lahko mišljena ena oseba ali pa skupina oseb, kot so npr. ministrstva, posebne agencije ter ostale organizacije. Takšne odločitve zahtevajo analize podatkov vseh subjektov, ki so povezani z obravnavanim območjem. Prednosti so običajno pripravljene v skladu z določanjem uteži posameznim kriterijem. Kriterij oz. merilo je strokoven izraz, ki vsebuje tako posamezne cilje kot attribute. Vsak problem večkriterijske odločitve vsebuje cilje, attribute ali oboje. Čeprav v stvarnem svetu cilji in attribute nastopajo mešano, je razlikovanje med tema dvema ključnega pomena za razumevanje narave večkriterijskega vrednotenja. Kot cilj razumemo želeno stanje v prostoru, npr. poselitev. Cilji so pripravljene tako, da jim določamo eno ali več lastnosti.

Vrstice v matriki predstavljajo različne alternative odločitev. Vse odločitve so narejene v nekem kontekstu okolja in zato vsebujejo faktorje, na katere ne morejo vplivati planerji. Ti faktorji se nanašajo na zakone narave ali okolja. Pravila okolja so tukaj lahko tudi pravila ekonomije (inflacija), vremenske razmere ali ostale situacije, na katere imamo malo ali pa sploh nimamo vpliva. Vsako pravilo je neodvisno od ostalih ter immuno na osebo, ki sprejema odločitve. Zakoni narave odražajo stopnjo negotovosti glede rezultatov analiz. Zato za vsako alternativno odločitev obstaja množica možnih izidov. Kateri izid vzamemo za najboljšega, je odvisno od zakonov narave.

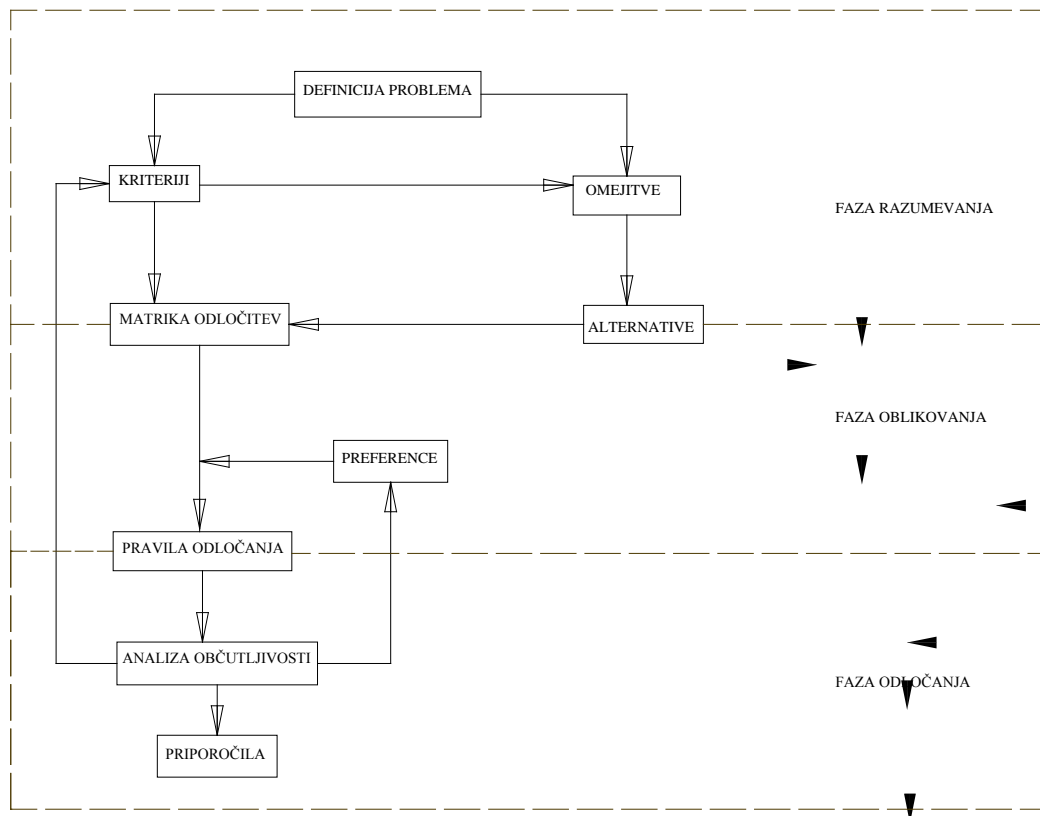
Izid oz. rezultat odločitve temelji na množici lastnosti, s katerimi vrednotimo alternative. Celice v matriki se izpolnijo, če je upoštevan posamezen zakon narave, in vsebujejo rezultate, izide, če odločitev zahteva, da se je potrebno odločiti za enega izmed zakonov narave. Problem odločitve zahteva, da so posamezni rezultati razvrščeni tako, da lahko poiščemo najboljšo alternativo.

Večkriterijske prostorske analize so mišljene kot postopek, kjer kombiniramo in pretvarjamo geografske podatke v nek končni rezultat. Večkriterijski postopek odločevanja definira odnose med vhodnim in izhodnimi kartami. Ti postopki kombinirajo geografske podatke in

operaterjeve zmožnosti v skladu s pravili odločanja. Združujejo večdimenzionalne geografske podatke v enodimenzionalne vrednosti alternativnih odločitev.

2.2.1 Definicija problema

Vsi postopki odločanja se začnejo z prepoznavanjem in definicijo problema. To storimo s primerjanjem obstoječega ter želenega stanja. Definicija problema pokriva fazo razumevanja, katera vsebuje razna raziskovanja področja obravnave, priložnosti, dodatne probleme.



Slika 2.2: Postopek odločanja (vir: Malczewski, 1999, str. 96) ▼

2.2.2 Kriteriji

Ko je problem identificiran, se večkriterijsko vrednotenje osredotoči na opredelitev množice kriterijev. Ta korak določa obsežen seznam ciljev ter merila za doseg le teh. Ta merila imenujemo atributi. Osnova za primerjavo alternativnih rešitev je stopnja prepoznavnosti

ciljev. Ločimo dva tipa kriterijskih kart. Karta kriterijev za vrednotenje (karta faktorjev) je edinstven geografski atribut alternativnih odločitev, ki se uporablja za vrednotenje učinka posameznih alternativnih rešitev. Karta omejitev prikazuje omejitve na vrednostih atributov in odločevalnih spremenljivkah. Kriterijskim kartam rečemo tudi karte atributov oz. lastnosti.

2.2.3 Alternative

Vsaki alternativni je dodeljena spremenljivka odločanja. Spremenljivke uporabljajo analitiki za merjenje učinka alternativ odločanja, imenujemo jih prav tako atributi. Množica teh spremenljivk definira prostor odločevanja. V stvarnem svetu je zelo malo prostorskih odločitev brez omejitev. Omejitve predstavljajo omejevanje prostora odločevanja. Določajo možne alternative.

2.2.4 Uteži kriterijev

V naslednji fazi operater dodeli prednosti določenim kriterijem. To ponavadi izrazimo z utežmi. Namen utežitve kriterijev je izražanje pomembnosti posameznega kriterija relativno na druge. Glede na množico odločitev, atributov in njihovih uteži, lahko vhodne podatke organiziramo v preglednico oziroma matriko.

2.2.5 Pravila odločitve

Ta korak združi skupaj predhodne korake. Geografske podatkovne sloje in mnenja (preference, negotovosti) združimo, da zagotovimo ocenjevanje alternativ. To izpolnimo s primernim pravilom odločitve ali združevalno funkcijo. Pravila odločanja narekujejo, kako najbolje razvrstimo alternative ali kako se odločimo, katera alternativa je boljša. Pravila odločevanja določajo prostor odločevanja s pomočjo odnosov (ena na eno, ena na mnogo) rezultatov k alternativam. Potek alternativ ima lahko zanesljive posledice (ena na eno) ali nezanesljive (ena na mnogo) posledice. Posledica je rezultat odločitve, ki jo je naredil operater. Včasih jo imenujemo tudi »izid, rezultat odločitve« ali rezultat kriterijev.

Pravila odločanja zagotavljajo razvrstitev vseh alternativ glede na njihove prednosti z obzirom na množico kriterijev. Prvotni problem je odvisen od izbire najboljšega izida in prepoznavanja alternative (ali več).

2.2.6 Analiza občutljivosti

Analiza občutljivosti je opredeljena kot postopek za določanje, kako spremembe vhodnih podatkov vplivajo na potek akcij. Poiščemo, kje v vhodnih podatkih so tiste vrednosti, zaradi katerih se spremeni rezultat. Če spremembe ne vplivajo na končen rezultat pomeni, da je razvrščanje kriterijev dobro opredeljeno.

2.2.7 Priporočilo

Končni rezultat je priporočilo za prihodnje analize. Priporočilo je podano na osnovi razvrščanja alternativ in občutljivosti analize. Vsebuje opis najboljše alternative ali skupine alternativ. Zelo pomemben je tudi vizualni prikaz vseh alternativ.

2.2.8 Analize večkriterijskih prostorskih odločitev

Izbira kriterijev za vrednotenje

Kot smo že omenili, je kriterij strokoven izraz in vsebuje oba termina: cilj ter tudi atribut. »Cilj« je poročilo o zelenem stanju. Narekuje smeri izboljšav enega ali več atributov. Za vsak podan cilj je izbranih nekaj atributov, s katerimi je možno doseči cilj. Poseben cilj predstavlja, v kateri smeri je treba izboljšati attribute. Imamo npr. cilj povečati gozd za varovanje živali. Atribut povezan s tem ciljem je lahko populacija različnih živalskih vrst, kvaliteta voda, površina različnih drevesnih vrst. Navedbo o izboljšanju atributov v izbrani smeri lahko razložimo tudi tako: tem več atributa, tem bolje, ali pa manj atributa, tem bolje. Razmerje med cilji in atributi je hierarhično urejeno. Na najvišjem nivoju je najbolj splošen cilj. Na najnižjem nivoju so atributi, vmes pa imamo bolj podrobne cilje.

Najtežje je posameznemu cilju pripisati njegove attribute, da s tem ustvarimo hierarhično strukturo ciljev in atributov.

V okolju GIS so atributi podatkovni sloji. Ti podatkovni sloji so vhodni podatki (kriteriji) v večkriterijsko odločanje. Splošno pravilo za izbiranje kriterijev je, da morajo biti prepoznani na osnovi definicije problema. Najprej se določi število kriterijev tako, da je mogoče odločitveni model čim boljše opisati. Problem se lahko opiše tudi z majhnim številom kriterijev. Vendar tukaj naletimo na problem obstoječih podatkov, lahko obstajajo, a če je njihova kvaliteta slaba, jih ne moremo uporabiti.

Postopek za izbiranje atributov naj bo osnovan na želenih lastnostih pojavov. Vsak atribut mora biti razumljiv in merljiv. Množica atributov mora pokrivati vse vidike problema, hkrati pa je zaželeno da je njihovo število čim manjše. Atribut je *razumljiv*, če lahko iz njega razberemo, do kakšne mere je določen cilj že dosežen na podlagi istega atributa. Množica atributov je *razčlenjena*, če lahko problem rešujemo v dveh delih, v prvem delu obdelujemo nekaj atributov, v drugem delu pa še preostale attribute. Atributi so *odvečni*, če lahko izvememo enega iz analize, ker je že vsebovan v preostalih (korelira z ostalimi). Kriterije lahko izberemo na podlagi raziskav, raznih študij ter na podlagi mnenj.

2.2.9 Alternativne odločitve

Za razumevanje stvarnega sveta analitiki gradijo abstraktne modele. Alternative prostorskih odločitev predstavljajo določen pogled na svet. V rastrskem modelu GIS so lahko alternativne odločitve opredeljene kot posamezni rastrski podatkovni sloji (lahko tudi kombinacije), v katerih so določene spremenljivke. Za vektorsko strukturo podatkov so spremenljivke določene prostorskim entitetam, ki so predstavljene kot točke, linije ali poligoni v bazah GIS. Preproste alternative so predstavljene kot posamezni objekti, recimo transport, reke, jezera. Hiše na trgu nepremičnin so, na primer, izražene kot Boolove spremenljivke z vrednostma 0 in 1, kjer vrednost 1 predstavlja obravnavane hiše, 0 pa vse ostale.

Poleg preprostih alternativ poznamo tudi zapletene, ki obravnavajo odnose med objekti. Predstavljene so z več kot enim objektom (točka – točka lahko prikazuje izvore ter ponore, npr. dom – šola). Tukaj mora odločitev najti lokacijo, da šolarjem olajšamo dostop do obstoječih ali novih šolskih središč. Lokacijske alternative so lahko izražene številsko s

spremenljivkama 0 in 1, alternative, ki niso povezane z lokacijo pa so modelirane z dodatnimi spremenljivkami.

2.2.10 Omejitve odločitev

Naravne ali ustvarjene omejitve preprečujejo izvedbo določenega posega v okolje. Npr. strošek za zaščito naravnega okolja naj ne bi bil večji od določenega zneska denarja. Take vrste omejitev imenujemo omejitve proračuna. Alternativa je *izvedljiva*, če je zadoščeno vsem omejitvam, vse ostale alternative imenujemo *neizvedljive*.

Ločimo dva tipa omejitev: *Boolove (logične)* in *ciljne*. Imamo omejitve, ki narekuje, da morajo biti poseljena zemljišča oddaljena od vodnih zemljišč vsaj 100 metrov ter hkrati oddaljena od cest vsaj 50 metrov. Taka omejitev je Boolova. V primeru ciljne omejitve bi rekli, da morajo biti zemljišča za poselitev velika točno 100 ha.

2.2.11 Ocenjevanje uteži kriterijev

Odvisnost posameznega kriterija do ostalih je zelo pomembna. Izpeljava uteži je osrednja naloga analitika v fazi, kjer določa preference. Utež je definirana kot število dodeljeno kriterijem, ki prikazuje relativen odnos do ostalih kriterijev. Čim večje je število, tem večji je pomen kriterija v primerjavi z ostalimi. Tukaj pa moramo upoštevati tudi dejstvo, kako so vrednosti v posameznih kriterijih razvrščene.

Uteži so ponavadi normalizirane tako, da je njihova vsota enaka 1. V primeru, ko je n število kriterijev, so uteži določene na naslednji način: (w_1, w_2, \dots, w_n) sledi $\sum w_i = 1$.

Metode razvrščanja

Najbolj preprosta metoda ocenitev pomembnosti kriterijev je njihova razvrstitev. Lahko jih razvrstimo naraščajoče (najbolj pomemben = 1, drugi najbolj pomemben = 2, itd), ali pa nasprotno (najmanj pomemben = 1, drugi najmanj pomemben = 2, itd). Ko kriterije razvrstimo, lahko njihove uteži izračunamo na več različnih načinov. Obravnavajmo nekaj načinov: *vsota rangov*, *recipročne vrednosti rangov*, *eksponentna metoda*.

Metoda vsote rangov izračuna uteži na naslednji način:

$$w_i = \frac{n - r_j + 1}{\sum (n - r_k + 1)},$$

kjer je w_i normalizirana utež za j – ti kriterij, n je število kriterijev v obravnavi ($k = 1, 2, \dots, n$), r_j pa rang kriterija. Vsak kriterij je uravnotežen (števec), ter nato še normaliziran z vsoto vseh uteži (imenovalec).

Recipročne vrednosti rangov so izpeljane iz normaliziranih recipročnih vrednosti ranga kriterijev:

$$w_i = \frac{1/r_j}{\sum (1/r_k)}$$

Eksponentna metoda zahteva še dodatne podatke. Analitik mora določiti utež najbolj pomembnega kriterija na lestvici od 0 do 1. To utež vnesemo v spodnjo formulo. Ko določimo eksponent p , lahko izračunamo uteži ostalih kriterijev.

$$w_i = \frac{(n - r_j + 1)^p}{\sum (n - r_k + 1)^p}$$

Metoda primerjave parov To metodo je razvil analitik Saaty leta 1980. Metoda vsebuje primerjavo parov kriterijev z namenom ustvariti matriko razmerij. Kot vhodne podatke vnesemo medsebojne primerjave kriterijev, kot izhodne podatke dobimo uteži.

Vsak par kriterijev primerjamo ter tako določimo pomembnost enega relativno na drugega. Pomembnost določimo z lestvico števil od 1 – 9.

Preglednica 2.1: Medsebojna pomembnost kriterijev

Pomembnost	Definicija
1	Enakovredna pomembnost
2	Enakovredna do zmerna pomembnost
3	Zmerna pomembnost
4	Zmerna do močna pomembnost
5	Močna pomembnost
6	Močna do zelo močna pomembnost
7	Zelo močna pomembnost
8	Zelo do najbolj močna pomembnost
9	Najvišja stopnja pomembnosti

Zgornje vrednosti pomembnosti kriterijev vstavimo v matriko. Seštejemo vrednosti v vsakem stolpcu matrike. Vsak element matrike delimo z pripadajočo vsoto stolpca. Izračunamo povprečje elementov v vsaki vrstici normalizirane matrike (delimo normalizirane rezultate s številom kriterijev). Ta povprečja določajo oceno relativnih uteži kriterijev. V zadnjem koraku moramo še preveriti, če so primerjave kriterijev pravilne.

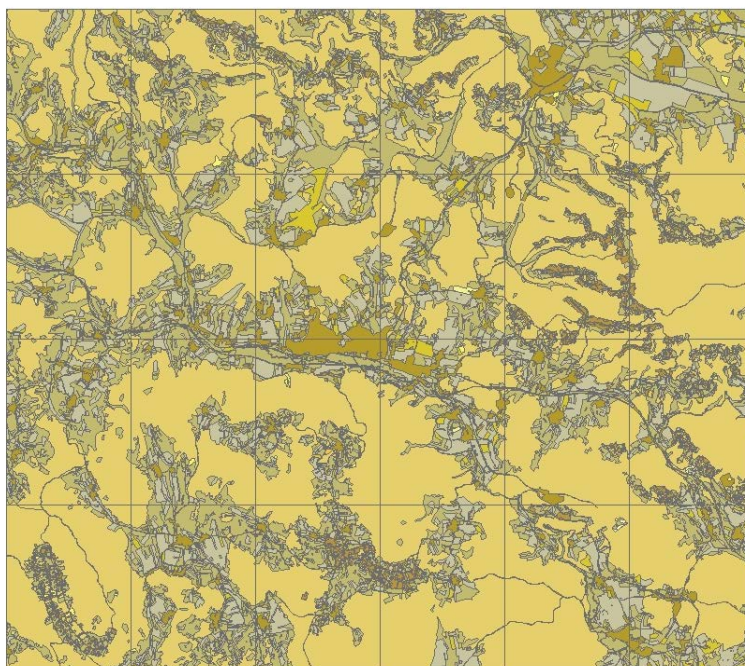
3 PRAKTIČNI DEL NALOGE

3.1 *Predstavitev vhodnih podatkov*

Podatke za analizo smo pridobili na Geodetski upravi Republike Slovenije ter Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

3.1.1 Podatkovni sloj raba tal

Osnovni vhodni podatek za izvedbo analiz je podatkovni sloj rabe tal, ki je prikazan na sliki 3.1.



Slika 3.1: Vektorski sloj rabe tal (RABA)

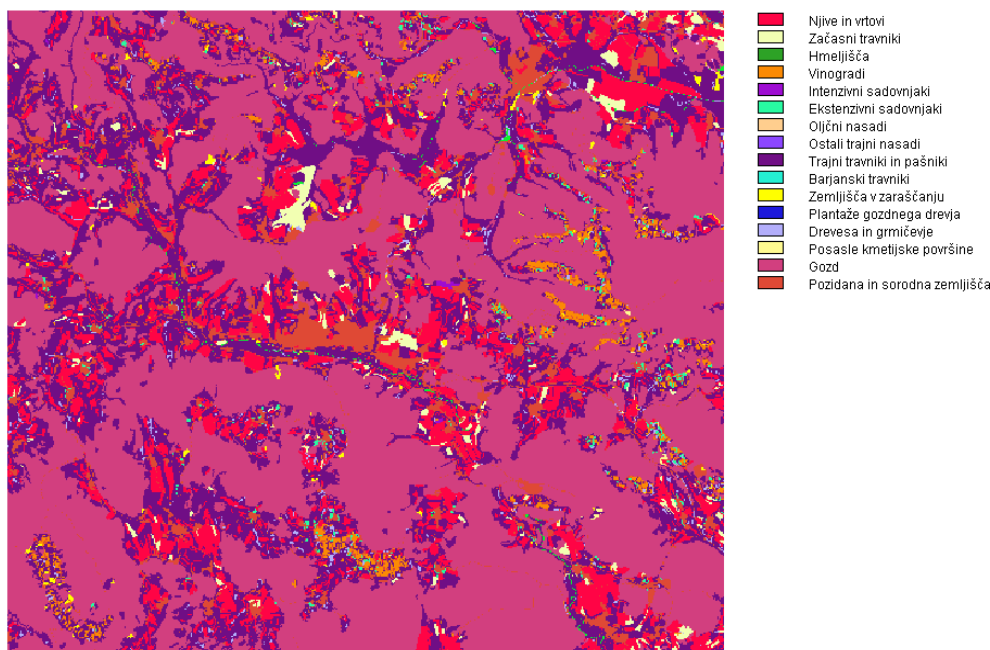
Rabo tal smo uvozili v orodje Idrisi ter dobili vektorski sloj, ki pa ni bil podoben prvotni rabi tal. Namreč Idrisi z uvozom datotek naredi še vektorsko povezovalno datoteko (*.vlx), kjer iz vsakega stolpca atributne tabele naredi tudi pripadajočo podobo. Poleg podatkovnega sloja rabe tal smo dobili tudi šifrant rabe tal, ki prikazuje pomen posamezne šifre, ter najmanjšo površino posamezne rabe, ki se prikaže na karti.

Preglednica 3.1: Šifrant rabe tal

Nivo	Šifra	Raba tal	Min.pov.
kmetijska zemljišča	1100	njive in vrtovi	1000 m ²
	1130	začasni travniki	1000 m ²
	1160	hmeljišča	1000 m ²
	1211	vinogradi	500 m ²
	1221	intenzivni sadovnjaki	1000 m ²
	1222	ekstenzivni sadovnjaki	1000 m ²
	1230	oljčni nasadi	500 m ²
	1240	ostali trajni nasadi	1000 m ²
	1300	trajni travniki in pašniki	1000 m ²
	1321	barjanski travniki	1000 m ²
	1410	zemljišča v zaraščanju	1000 m ²
	1420	plantaže gozdnega drevja	1000 m ²
	1500	drevesa in grmičevje	1000 m ²
	1800	kmetijske površine porasle z gozdnim drevjem	1000 m ²
gozd	2000	gozd	5000 m ²
pozidana in sorodna zemljišča	3000	pozidana in sorodna zemljišča	25 m ²
odprta zamočvirjena zemljišča	4100	barje	5000 m ²
suha odprta zemljišča s posebnim rastlinskim pokrovom	4210	trstičja	5000 m ²
	4220	ostala zamočvirjena zemljišča	5000 m ²
	5000	suha odprta zemljišča s posebnim rastlinskim pokrovom	5000 m ²
odprta zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom	6000	odprta zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom	5000 m ²
vode	7000	vode	10 m ²

S pomočjo šifranta smo v Idrisi Database Workshop posamezni rabi določili šifro, ter nato ustvarili rastrski sloj z ločljivostjo 25 x 25 metrov.

Ker na osnovnem sloju rabe tal ni železnice, smo jo digitalizirali s pomočjo digitalnega ortofota v programskem paketu ArcGIS ter jo uvozili v Idrisi, jo rastrirali in prekrili s slojem raba tal. Nato pa smo jo še dodali v legendo. Rezultat prikazuje slika 3.2.



Slika 3.2: Rastrski sloj rabe tal z legendo (RABA_TAL)

3.1.2 Pregledni sloj cest

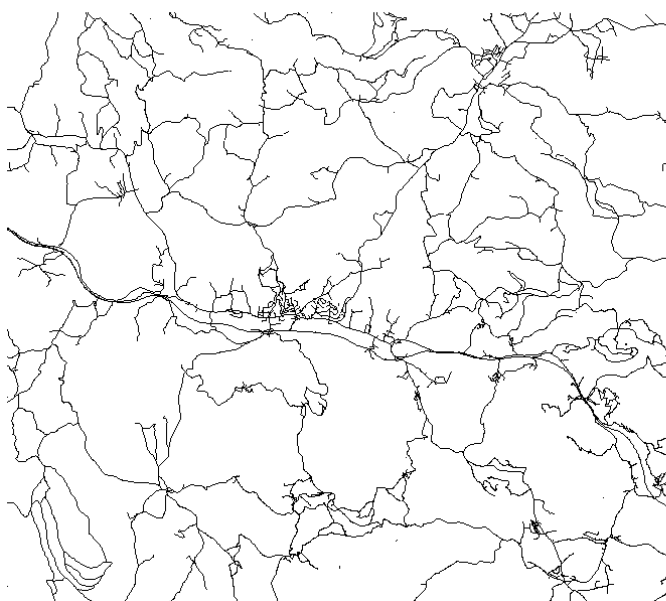
Pregledni sloj cest (PSC) je skupen rezultat Geodetske uprave Republike Slovenije, Direkcije za ceste Republike Slovenije ter Zavoda za gozdove Slovenije. PSC vsebuje kategorizirane državne in občinske ceste, gozdne ceste ter nekategorizirane ceste (Mlinar, Grilc, 2005).

Ker je osnovni sloj cest zelo gost, smo nekatere ceste izpustili. Ohranili smo naslednje kategorije cest:

- avtocesta (AC),
- hitra cesta (HC),
- regionalne ceste I., II, III. Reda (R1, R2, R3),
- lokalna zbirna cesta (LZ),
- lokalna cesta (LC),

- javna pot (JP),
- nekatere ceste, ki niso kategorizirane (N).

Izpustili pa smo gozdne ceste ter ceste, ki ne spadajo pod nobeno kategorijo ter so nepomembne. S pomočjo digitalnih ortofoto posnetkov smo pregledali celotno območje ter zbrisali ceste, ki nimajo nobenega pomena za nadaljnjo širitev poselitve. Rezultat je prikazan na sliki 3.3.



Slika 3.3: Vektorski sloj cest (PSC_DOF)

3.1.3 Vektorski sloj voda

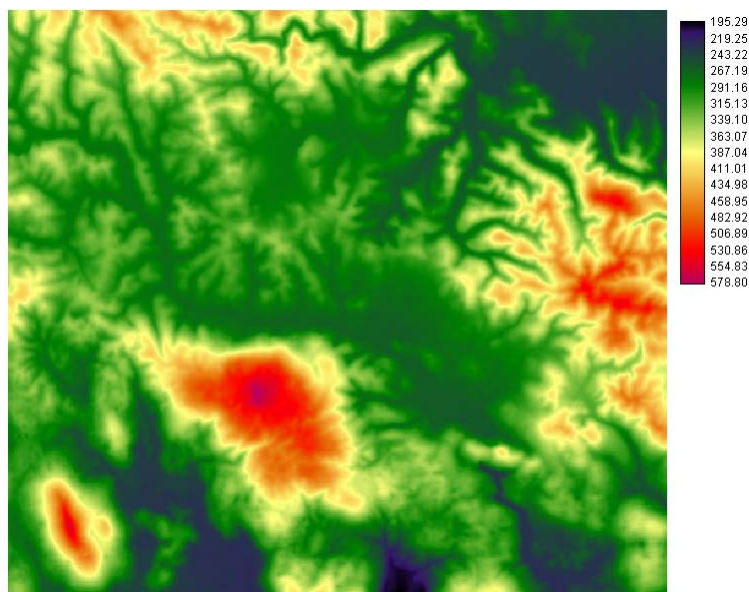
Slika 3.4 prikazuje vektorski sloj vode, katerega smo pridobili z digitalizacijo digitalnega ortofota ter s pomočjo karte občine Trebnje v merilu 1: 50000.



Slika 3.4: Vektorski sloj vode (VODE)

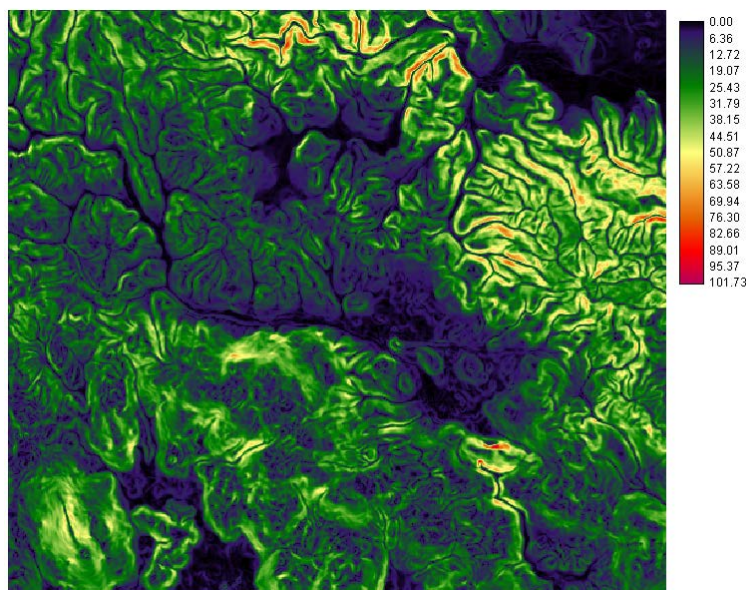
3.1.4 Naklon

Za izpeljavo naklonov smo uporabili digitalni model reliefa ločljivosti 25 x 25 m (DMR25). DMR25 smo dobili v obliki datoteke *.XYZ datotek za posamezne liste merila 5000. V teh datotekah so podatki o koordinatah točk ter njihovih višinah. Vse datoteke našega območja smo združili v eno datoteko (TOCKE.XYZ) ter jo nato vpeljali v orodje Idrisi. Nato smo z nastalo datoteko (TOCKE.VCT) interpolirali digitalni model višin (slika 3.5).



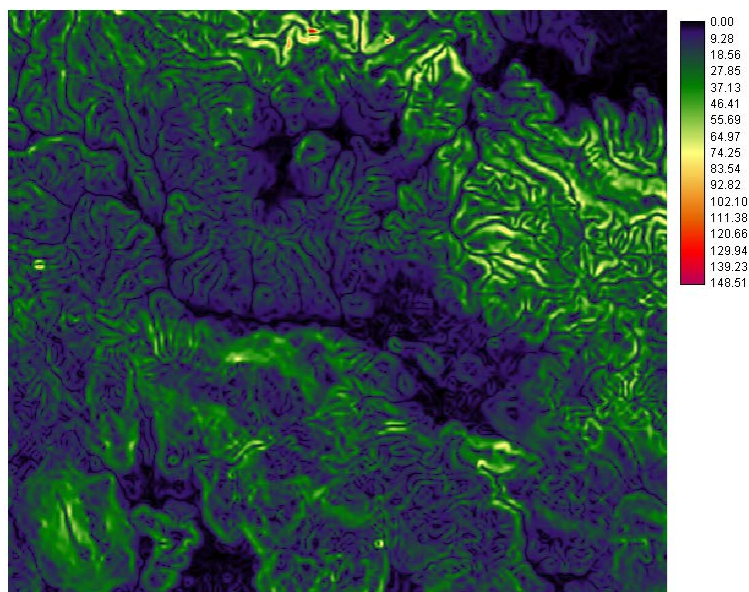
Slika 3.5: Digitalni model višin v primeru uporabe DMR25 (DMV)

Digitalni model višin smo nadalje uporabili za izpeljavo naklona v odstotkih (slika 3.6).



Slika 3.6: Naklon v odstotkih v primeru uporabe DMR25 (NAKLON)

Zgolj za primer smo iz digitalnega modela reliefa z ločljivostjo 100 x 100 metrov izpeljali digitalni model višin ter nato tudi podobo naklona v odstotkih. Na sliki 3.7 najdemo nekaj zelo visokih vrednosti naklona. Ogleдали smo si teren, kjer so te »kritične vrednosti«. Ugotovili smo naslednje. Prvi razlog je, da je teren na tej lokaciji zelo razgiban, na nekaj deset metrov razdalje se višina zelo spremeni. Drugi razlog pa je, da je natančnost vhodnih podatkov o višinah razmeroma slaba, višinske točke so oddaljene 100 metrov druga od druge. Dve sosednji točki imata razliko v višini tudi po 100 metrov. Zato je pomembno, da vedno uporabimo vhodne podatke primerne natančnosti, saj drugače ne zadovoljivih rezultatov.



Slika 3.7: Naklon v odstotkih v primeru uporabe DMR100 (NAKLON100)

Vsi vhodni podatki za analize v orodju Idrisi morajo biti v rastrski obliki, zato jih rastriramo z ukazom »RASTERVECTOR«. Pri postopku rasterizacije moramo določiti število stolpcev ter vrstic, kar posledično določa velikost osnovne celice (v našem primeru je to 25 x 25). Določimo tudi koordinate vogalov (tabela 3.2) ter koordinatni sistem (plane).

Preglednica 3.2: Koordinate testnega območja (koordinate vogalov podob)

X (m)	Y (m)
495500	91000
509000	91000
495500	79000
509000	79000

3.2 Oblikovanje kriterijev in omejitev

Postopek večkriterijskega vrednotenja je povzet po priročniku Idrisi Andes Tutorial avtorja Eastmana iz leta 2006.

V našem primeru iščemo območja primerna za poselitev ter industrijo. Zato bomo oblikovali naslednje kriterije ter omejitve.

Izvorni podatki in oblikovanje kriterijev

Omejitve so Boolove podobe, ki omejujejo analizo na posamezna geografska območja. Pomen Boolovih podob je, da prikazujejo območja ki so primerna (vrednost 1) ter območja, ki so neprimerna (vrednost 0).

Faktorji: Posamezen faktor lahko poveča ali zmanjša stopnjo celotne primernosti za določen cilj. Faktorje lahko standardiziramo na več načinov, odvisno od posameznega kriterija in uporabljene metode združevanja kriterijev.

V našem primeru smo oblikovali dve omejitvi in šest faktorjev.

3.2.1 Omejitve

Omejitve, ki omejuje *razpoložljive površine* za nov razvoj, nam pove, da ne smemo graditi znotraj **50 metrskega pasu** okoli vod. Podobo ustvarimo z ukazom vmesno območje - bafer, kot vhodno datoteko izberemo rastrski sloj vod.



Slika 3.8: 50-metrsko območje okoli voda (VODEOMEJ)

Zgornja podoba (slika 3.8) je Boolova podoba 50 metrskega vmesnega območja zavarovanih površin okoli vod. Neprimerne površine imajo vrednost 0, primerne pa vrednost 1.

Predpostavljamo, da se investitor ni odločil graditi znotraj 50 metrskega vmesnega območja zaradi poplavnosti voda, plazovitih območij ter varovanja vodovarstvenih območij.

Varovalni pas, ki pa je zaščiten z zakonom se imenuje priobalno zemljišče. To je zemljišče, ki neposredno meji na vodno zemljišče. Poseg v priobalno zemljišče je mogoč le s soglasjem ministra.

Vrednosti varovalnih pasov, določenih z zakonom so:

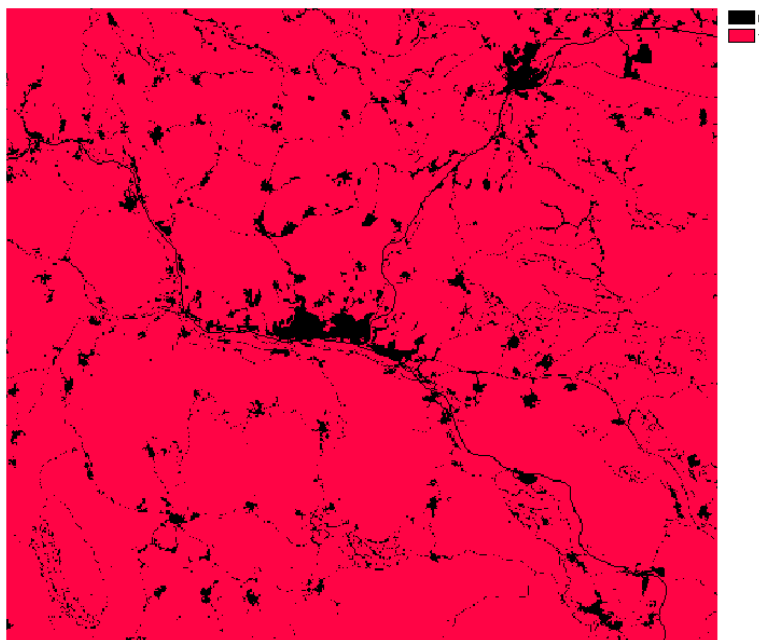
- v primeru celinskih voda 1. reda 15 m od meje vodnega zemljišča tekoče oziroma stoječe vode,

- v primeru celinskih voda 2. reda 5 m od meje vodnega zemljišča tekoče oziroma stoječe vode.

Vrednosti ter vrste varovalnih pasov voda so povzete iz 14. člena Zakona o vodah.

Drugo omejitev predstavljajo *že razvita območja*. V to skupino omejitev spadajo območja vod, železnice ter pozidanih območij. Ta območja morajo imeti vrednost 0 – neprimerna območja. Iz rastrskega sloja rabe tal lahko enostavno ustvarimo Boolove podobe z desnim klikom na legendo, ustvari Boolovo podobo (ukaz Create Boolean for Current Class). Omejitev lahko ustvarimo z logičnim združevanjem vseh Boolovih podob razen železnice, vod ter pozidanih območij.

Dobimo naslednji rezultat, ki je prikazan na sliki 3.9.



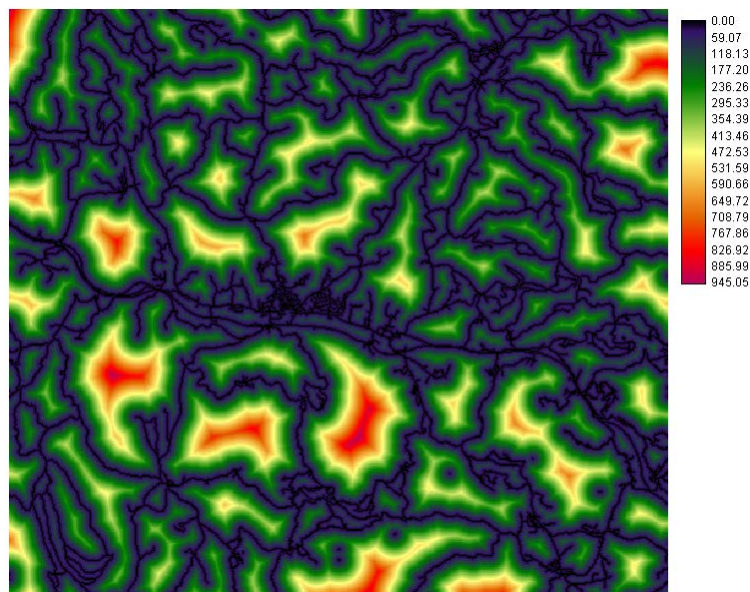
Slika 3.9: Omejitev glede na primernost posamezne rabe tal za novo poselitev (RABAOMEJ)

3.2.2 Faktorji

Faktorji povečujejo ali zmanjšujejo stopnjo primernosti površin za novo poselitev. Novo poselitev določajo faktorji kot so obstoječi tip rabe tal, oddaljenost od cest, nagnjenost in usmerjenost terena ter oddaljenost od mestnega središča. Stroški nove poselitve so najnižji na območjih, ki jih lahko čim ceneje uredimo, to je blizu ceste in na majhnem naklonu. Stroški izgradnje se lahko uravnotežijo z višjimi cenami hiš blizu mestnega središča.

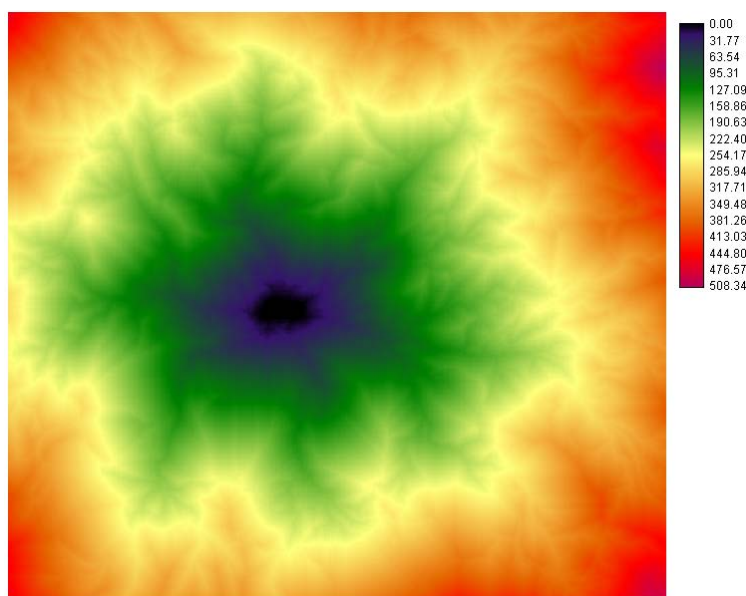
Faktor, ki povezuje *obstoječo rabo tal* in preostale površine, je že določen na podobi rabe tal, le ovrednotiti ga moramo.

Drugi faktor je *oddaljenost od cest*. Ta faktor predstavlja linearno razdaljo od vseh cest na obravnavanem območju. Podobo (slika 3.10) smo dobili z uporabo funkcije za izračun razdalj ter vhodno datoteko rastrska podoba cest.



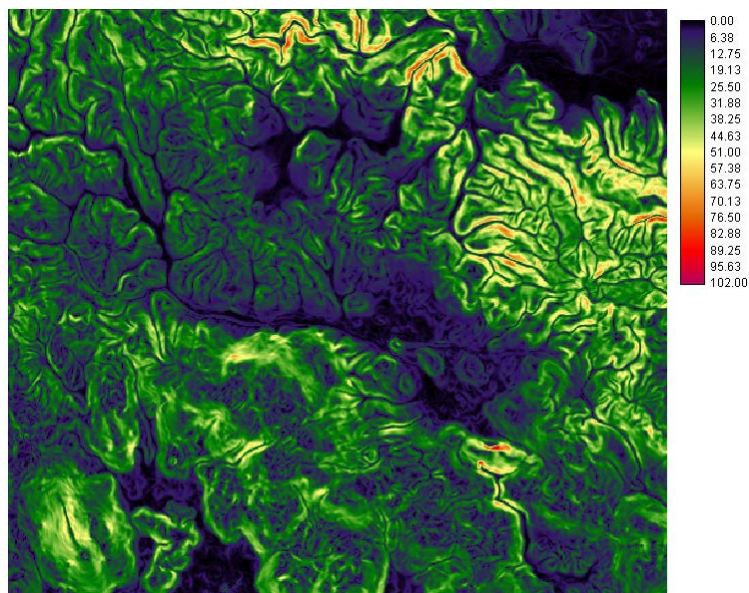
Slika 3.10: Oddaljenost od cest v metrih (CESTE_ODD)

Tretji faktor prikazuje *oddaljenost od mestnega središča*. Podobo smo dobili z uporabo funkcije izračun stroškovne ploskve. Vhodni podatki za to funkcijo so rastrski sloj cest ter rastrska podoba oboda mesta Trebnje. Na podobi cest moramo določiti strošek oz. težavnost premikanja po območju. Cestam smo določili strošek 1, vsem ostalim območjem pa 2. Smiselno to pomeni, da če hočemo priti iz točke A v točko B je najhitreje po cesti, če potujemo po ostalih območjih je pot še enkrat težja. Kot vhodno datoteko vstavimo digitalizirano rastrsko podobo središča mesta Trebnje, kot podobo trenja pa vstavimo reklasificirano rastrsko podobo cest. Rezultat (slika 3.11) dobimo podan v mrežnih celicah.



Slika 3.11: Stroškovna ploskev oddaljenosti od središča mesta Trebnje (MESTO_ODD)

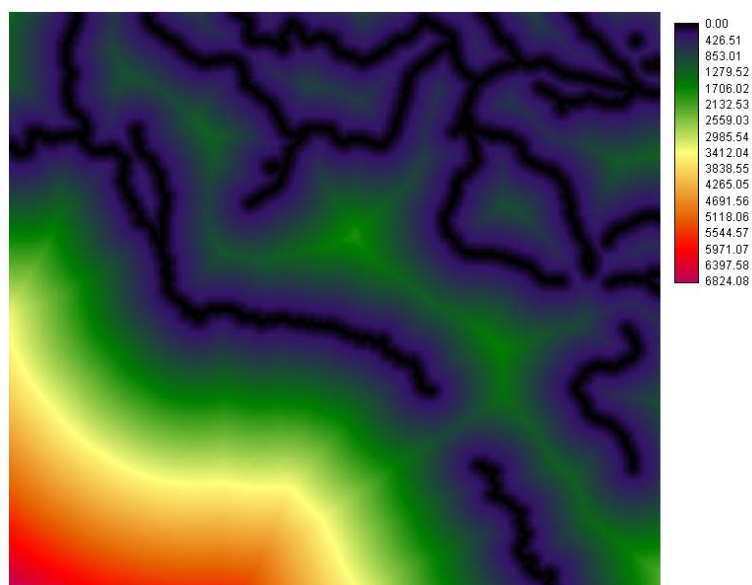
Zadnji faktor pomemben za planerje je *naklon terena*. Podoba (slika 3.12) je bila izpeljana iz digitalnega modela višin.



Slika 3.12: Naklon v odstotkih (NAKLON)

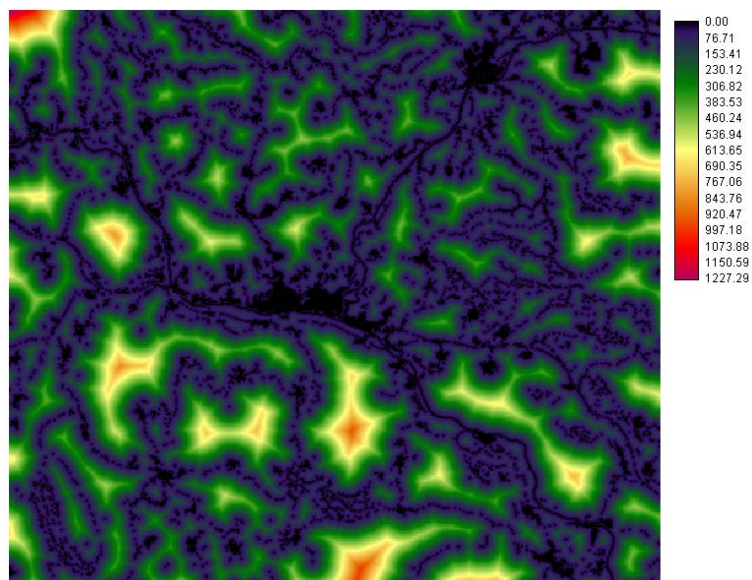
Vsi zgornji faktorji so pomembni za prostorske planerje, v nadaljevanju pa bomo še predstavili faktorje okoljevarstvenikov.

Okoljevarstvenikom predstavlja največjo težavo onesnaženje podtalnice zaradi kanalizacijskih sistemov in drugih stanovanjskih virov onesnaženja. Ker nimamo podatkov o podtalnici, bomo vzeli kar podatke o odprtih vodah. Slika 3.13 prikazuje *oddaljenost od vod*, pridobljeno z uporabo funkcije za izračun razdalje ter vhodno podobo rastrsko podobo vod. Na podobi velja, bolj oddaljena območja so bolj primerna.



Slika 3.13: Oddaljenost od voda (VODE_ODD)

Zadnji faktor je *oddaljenost od že poseljenih površin*. Okoljevarstveniki ponavadi želijo umestiti novo poselitev blizu že poseljenih površin, ker bi s tem ohranili odprt prostor zunaj mesta. Spodaj je prikazana podoba (slika 3.14), ki prikazuje oddaljenost od že poseljenih površin izraženo v metrih.



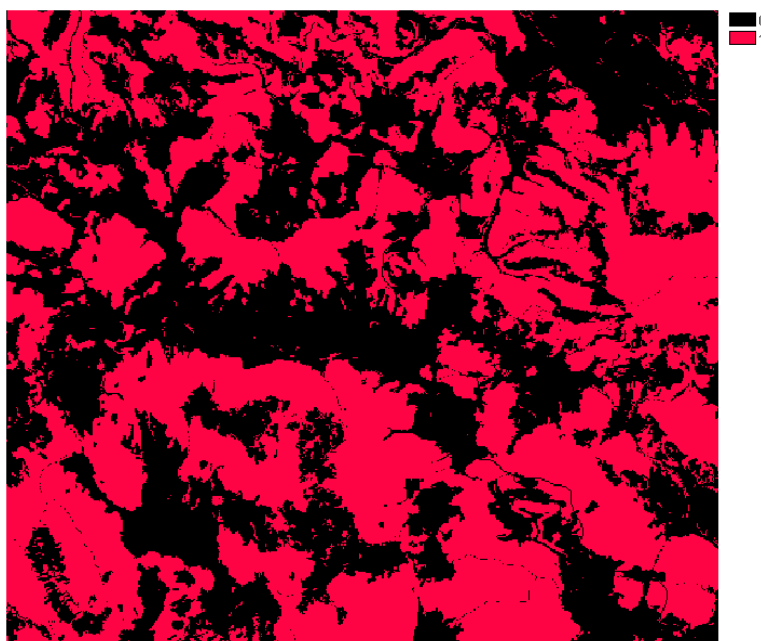
Slika 3.14: Oddaljenost od poseljenih površin (POSELJENO_ODD)

3.3 Boolov pristop

Omejitve in faktorje moramo najprej reklasificirati v Boolove vrednosti, 0 (neprimerno) in 1 (primerno). Boolova standardizacija faktorjev in združitvev zelo omejuje analizo in izbiro ustreznih zemljišč, kar pa bomo videli v nadaljevanju. Metoda združevanja po Boolovem pristopu zahteva, da so vse podobe ustrezno standardizirane z vrednostmi 0 in 1.

3.3.1 Faktor rabe tal

Gozdne površine, drevesa in grmičevja ter zemljišča v zaraščanju so najcenejše in jih štejemo kot primerne za poselitev, vse ostale površine pa so neprimerne za poselitev. Na že omenjen način zgoraj ustvarimo Boolove podobe za našeta primerna območja (ukaz Create Boolean for Current Classes). Nastale podobe nato združimo z logičnim ALI. To pomeni, da so vsa obravnavana območja združena na eni podobi. Spodnja podoba (slika 3.15) prikazuje območja s primerno rabo za poselitev (vrednost 1).



Slika 3.15: Faktor rabe tal (RABA_BOOL)

3.3.2 Faktor oddaljenosti od cest

Stroški gradnje so nižji v primeru, da gradimo blizu cest. Tukaj upoštevamo tudi komunalno ureditev zemljišč. Ponavadi komunalni vodi tečejo ob cesti. Čim krajši vodi pomenijo nižje stroške. Po drugi strani pa z vidika stanovalcev ta faktor pomeni tudi negativne lastnosti kot sta npr. hrup in smrad. Pri vsakem problemu v prostorskem planiranju obstajajo prednosti in slabosti. Skušamo pa najti vmesno rešitev. Pri faktorju oddaljenosti cest štejemo za primerne površine tiste, katere so od cest oddaljene za manj kot 400 metrov. Podobo oddaljenosti od cest (slika 3.10) zato reklasificiramo, vrednost 1 dobijo območja, ki so od cest oddaljena manj kot 400 metrov, vsa ostala območja pa dobijo vrednost 0. Rezultat prikazuje slika 3.16.



Slika 3.16: Faktor oddaljenosti od cest (CESTE_BOOL)

3.3.3 Faktor oddaljenosti od mestnega središča

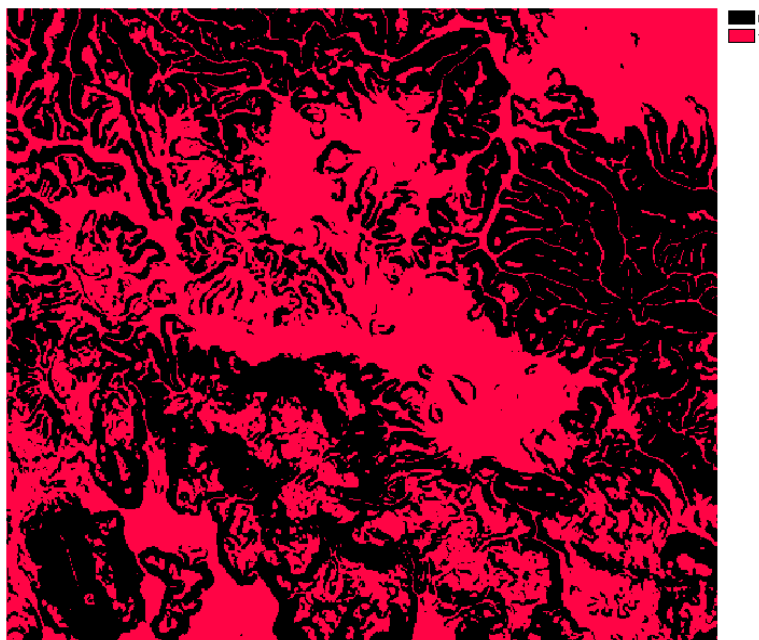
Stanovanja bližje središču mesta so ponavadi dražja. Zato hočejo planerji čim več stanovanj umestiti v ožjo okolico mestnega središča. Oddaljenost od mestnega središča predstavlja funkcijo potovalnega časa po cestah s povprečno hitrostjo 60 km/h. Oddaljenost od mestnega središča sem izračunal z uporabo funkcije stroškovne razdalje. V vlogi planerja izberemo za primerne površine območja, katera so od središča mesta oddaljena za manj kot 10 minut vožnje po cestah s povprečno hitrostjo 60 km/h. To je enakovredno 400 mrežnim celicam na podobi oddaljenosti od središča mesta Trebnje. Podobo (slika 3.11) reklasificiramo na primerne površine, katere so od središča mesta oddaljene za manj kot 10 minut (400 mrežnih celic), ter neprimerne, ki so oddaljene za več kot 10 minut vožnje. Rezultat te operacije je slika 3.17.



Slika 3.17: Faktor oddaljenosti od mestnega središča (MESTO_BOOL)

3.3.4 Faktor naklona terena

Gradnja hiš in cest je na manjšem naklonu terena cenejša. Stanovanjske hiše se zaradi manjših stroškov (izkopa, komunalne ureditve, same gradnje, dostop...) na splošno gradijo na območjih, kjer naklon ne presega 15 %. Podobo naklonov reklasificiramo v Boolovo podobo (slika 3.18) z vrednostjo 1 kjer so nakloni manjši od 15 %, ter 0 kjer nakloni presegajo vrednost 15 %.



Slika 3.18: Faktor naklona terena (NAKLON_BOOL)

3.3.5 Faktor oddaljenosti od voda

Primerne površine za poselitev so tiste, ki so bolj oddaljene od voda. Čeprav so površine blizu vodnih teles že zaščitene s 50 metrskim vmesnim območjem, želimo, da so primerne površine za poselitev še dodatno oddaljene za 50 metrov. Tako imamo varovalni pas 100 metrov od vod. V okolici doma avtorja tega dela v primeru močnih padavin reka Temenica ponavadi poplavi bližnja območja. Toda v primeru 100 metrskega varovalnega pasu so poseljene površine zaščitene. Podobo oddaljenosti od vod reklasificiramo. Slika 3.19 prikazuje primerne površine so oddaljene od vod za vsaj 100 metrov.



Slika 3.19: Faktor oddaljenosti od voda (VODE_BOOL)

3.3.6 Faktor oddaljenosti od poseljenih površin

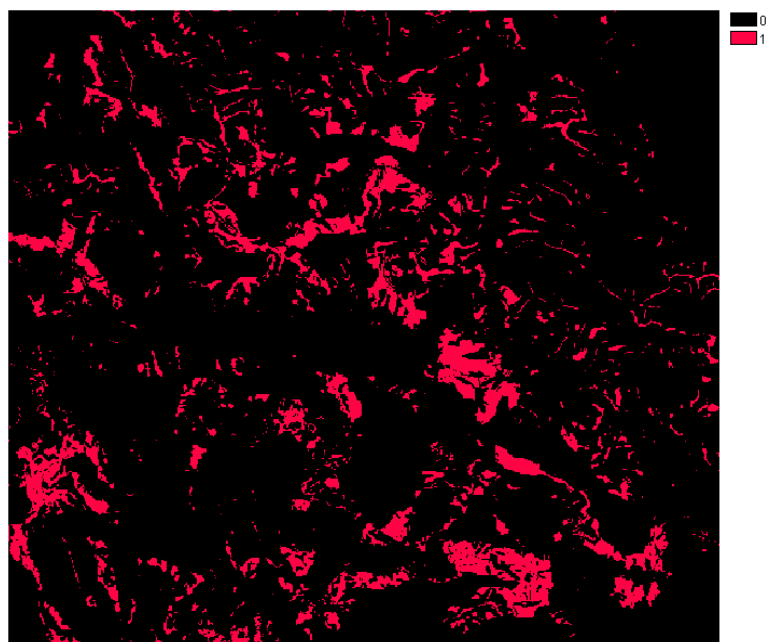
Med primerne površine za poselitev spadajo območja, katera so od poseljenih območij oddaljena za manj kot 300 metrov. Želimo namreč ohraniti čem več odprtega prostora. Podobo oddaljenosti od poseljenih površin reklasificiramo v skladu z zgoraj povedanim, 1 so območja oddaljena za manj kot 300 metrov od že poseljenih površin, vrednost 0 pa dobijo ostala območja ter dobimo naslednji rezultat (slika 3.20).



Slika 3.20: Faktor oddaljenosti od poseljenih površin (POSELJENO_BOOL)

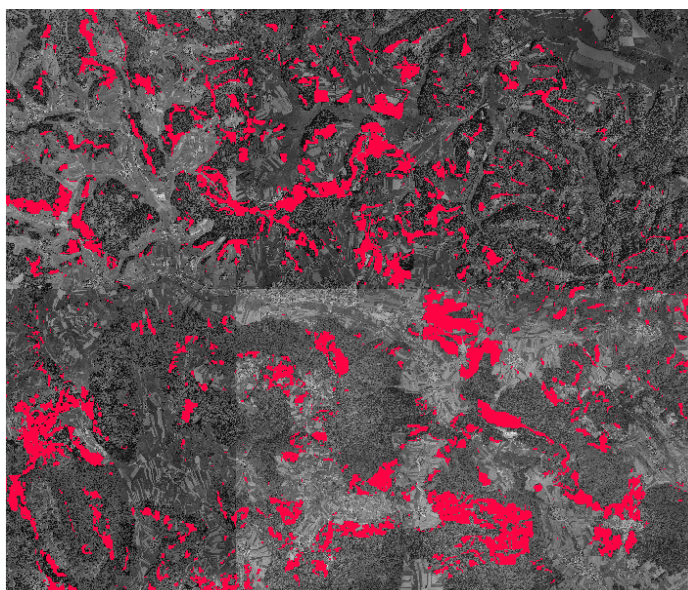
3.3.7 Boolova metoda združevanja faktorjev in omejitev

Vse pripravljene kriterije lahko sedaj združimo z Boolovim združevanjem. Vseh osem podob, šest faktorjev ter dve omejitvi, zmnožimo ter dobimo rezultat: podobo primernosti za poselitev (slika 3.21). Postopek množenja je enak logični operaciji IN. V Idrisiju ga lahko izvedemo na več načinov, npr. z uporabo *Decision Making Wizard*, modula *MCE*, večkratno uporabo modula *OVERLAY* (množenje) ali z uporabo *Image Calculator*, v katerem vse podobe logično zmnožimo.



Slika 3.23: Podoba primernosti ustvarjena z Boolovim presekom (VKV_BOOL)

Boolova metoda združevanja skoraj ni primerna za prostorske planerje. Dobra je le zaradi tega, ker pokaže, kako strogi so kriteriji, posledica tega pa je zelo malo površin za poselitev. Podobo smo izvozili v format tiff, ter ga uvozili v ArcGIS, ter pod njo položil digitalni ortofoto. Za boljšo vidnost na sliki 3.22 smo neprimerna območja (vrednost 0) spremenili v brezbarvna območja.



Slika 3.22: Primerna območja in digitalni ortofoto

Pri Boolovi metodi uravnoteženje med faktorji ni možno. Primerne površine so samo tiste, ki izpolnjujejo vse kriterije. Rezultat je najboljša možna lokacija za novo poselitev in manj primerne lokacije sploh niso določene. Pri nekaterih projektih so te lastnosti lahko ustrezne. V splošnem pa je bolje, če kriteriji uravnotežijo drug drugega.

Vsi faktorji na končni podobi z Boolovim združevanjem podob imajo enak pomen, kar pa ni res. Nekateri kriteriji so bolj pomembni kot drugi. To lahko rešimo tako, da dodelimo uteži posameznim faktorjem ter jih nato združimo s postopkom utežene linearne kombinacije (ULK).

Kot primer, si oglejmo območja okoli vasi Šentlovrenc. Veliko površin, katere niso bile izbrana z Boolovim združevanjem podob, je primernih za poselitev. Metoda Boolovega združevanja faktorjev ni primerna, ker izbere za primerno površino le tiste celice, katere imajo pri vseh kriterijih vrednost 1. To si lahko ogledamo na spodnji sliki 3.23. Zelo veliko je površin, ki ustrezajo, a so bile zaradi posameznih kriterijev (lahko samo enega) neustrezne. V primeru združevanja kriterijev po Boolovi metodi je bilo izbranih površin za poselitev le 1683 ha.



Slika 3.23: Detajlni prikaz primernih območij po metodi Boolovega združevanja kriterijev

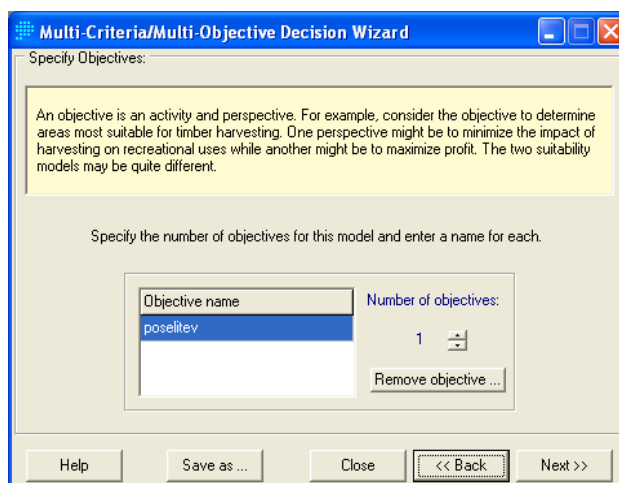
3.4 Večkriterijsko vrednotenje: (Ne)Boolova standardizacija in utežena linearna kombinacija

Tukaj gre za drugačno prireditev vrednosti kriterijem. Pri Boolovem postopku združevanja smo faktorjem priredili vrednost 1 za primerne, ter vrednost 0 za neprimerne površine. Tukaj pa bomo priredili faktorjem zvezno primernost z zvezno lestvico primernosti 0-255, 0 za najmanj primerne (neprimerne) ter 255 za najbolj primerne lokacije. Omejitve pa ostanejo Boolove podobe, ki bodo na koncu združevanja služile kot maske za določitev analiziranega območja.

Kriterije bomo združili z metodo **utežene linearne kombinacije** (ULK). Ta metoda združevanja omogoča ohranitev spremenljivosti faktorjev ter daje možnost medsebojnega uravnoveženja med faktorji. Nizka stopnja primernosti enega faktorja lahko uravnoveži visoko stopnjo primernosti drugega faktorja. Uravnoveženost faktorjev določimo z utežmi, katere prikazujejo relativni pomen posameznega faktorja. ULK je tehnika, ki umesti našo analizo točno na sredino med operacijama logičnega IN (minimum) in ALI (maksimum).

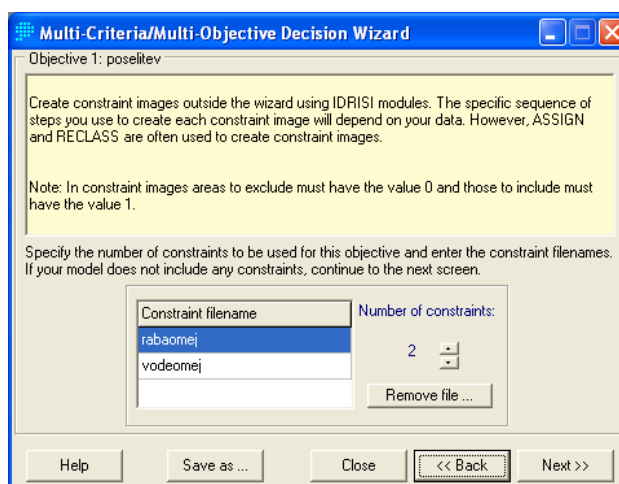
Podrobneje bomo predstavili čarovnika za podporo pri GIS odločitvah. Ta čarovnik vsebuje naslednje module: *FUZZY*, *MCE*, *WEIGHT*, *RANK* in *MOLA*. Vse te module lahko zaženemo tudi neodvisno. Poglejmo si, kako deluje čarovnik za podporo odločitvam (*Decision Wizard*).

Zaženemo čarovnika, si najprej shranimo ime datoteke, kamor čarovnik shranjuje vse nastavitve. Kliknemo *Naprej*, izberemo si ime našega cilja (slika 3.24). Izbrali smo si ime »poselitev«. Lahko dodamo tudi več ciljev, a o tem kasneje.



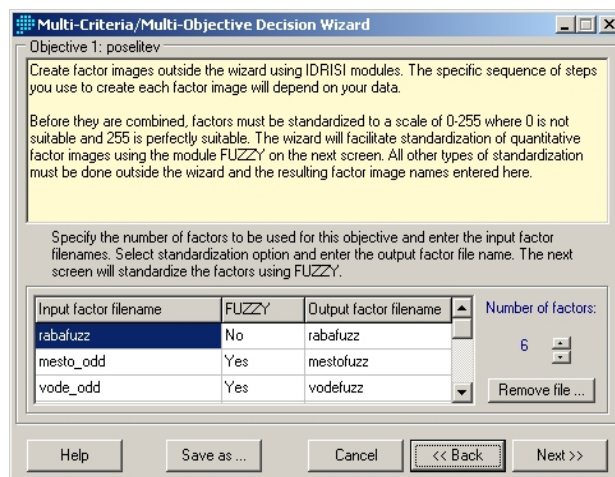
Slika 3.24: Opredelitev ciljev

Slika 3.25 prikazuje izbiro omejitev, ki delujejo kot maske. Omejitve morajo biti Boolove podobe. V našem primeru imamo omejitve rabe tal ter omejitve varovalnega pasu okoli voda.



Slika 3.25: Dodajanje omejitev

V naslednjem koraku definiramo faktorje (slika 3.26). Vnesemo vse faktorje ter določimo, katerim faktorjem čarovnik dodeli vrednosti primernosti v intervalu 0-255.



Slika 3.26: Dodajanje faktorjev

3.4.1 Faktor rabe tal

Pri Boolovem združevanju podob smo tipe rabe tal za novo poselitev reklasificirali na primerne in neprimerne. Obstajajo štirje primerni tipi rabe tal:

- gozdne,
- odprte nerazvite površine,
- pašniki
- in obdelovalne površine.

Vsaka od teh ima drugačno stopnjo primernosti za novo poselitev. Če poznamo relativno primernost vsake kategorije, jih lahko prevrednotimo na intervalu 0-255. Ostale faktorje lahko avtomatsko prevrednotimo z uporabo določene matematične funkcije. Pri faktorju rabe tal je drugače.

Uporabimo prvotno rastrsko podobo rabe tal (RABA_TAL). Z ukazom Edit/ASSIGN dodelimo posameznim kategorijam rabe tal primernost na zvezni lestvici 0-255, od najmanj do najbolj primernih površin. Dodeljene uteži so prikazane v preglednici 3.3.

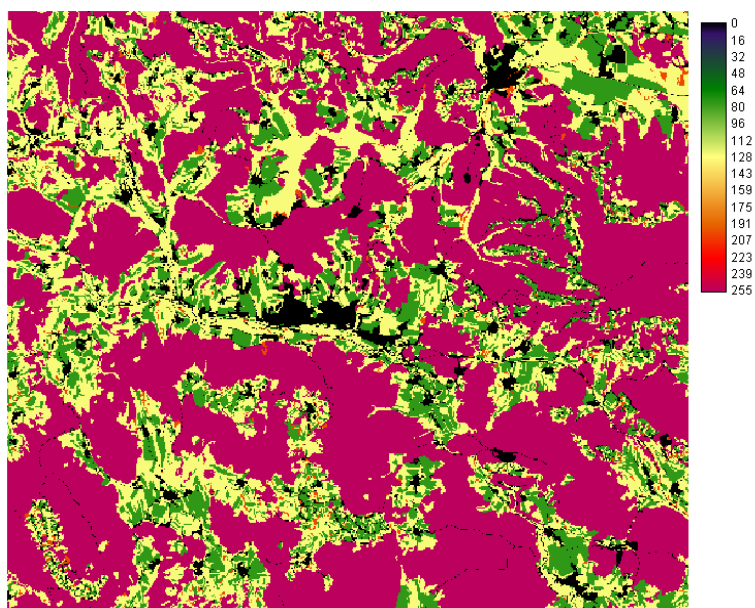
Preglednica 3.3: Kategorije rabe tal in dodeljene uteži

15	255
13	200
11	200
9	125
2	125
6	75
1	75
5	75
14	75
4	75

V modulu EDIT naredimo datoteko z enako vsebino kot v preglednici 3.3, ki prikazuje, kako se določijo primernosti posameznim kategorijam. Na primer, kategorija s šifro 15 (gozd) dobi vrednost 255. Dodelili smo naslednje stopnje primernosti:

- 255 za gozdne površine,
- 200 za odprte nerazvite površine (drevesa in grmičevja, zemljišča v zaraščanju),
- 125 trajni pašniki in travniki, začasni travniki,
- 75 za obdelovalne površine (ekstenzivni sadovnjaki, intenzivni sadovnjaki, porasle kmetijske površine, vinogradi),
- 0 za vse ostale kategorije.

S tem ustvarimo nov faktor rabe tal (slika 3.27).



Slika 3.27: Prevrednoten faktor rabe tal (RABAFUZZ)

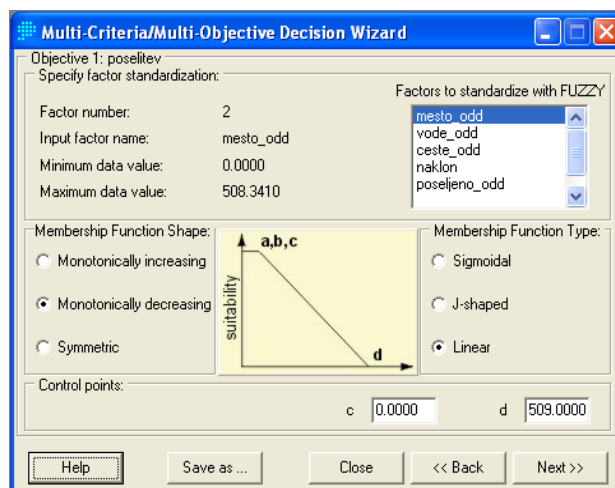
Podoba (RABAFUZZ) je že standardizirana, zato je ni treba prevrednotiti s čarovnikom.

Fuzzy - mehka standardizacija faktorja: z njo preoblikujemo različne merske enote podobe faktorja v primerljive vrednosti primernosti. V čarovniku bomo obravnavali vsak faktor posebej. Izbrali bomo ustrezno obliko ter vrsto funkcije, s katero se prevrednotijo podobe glede na primernost.

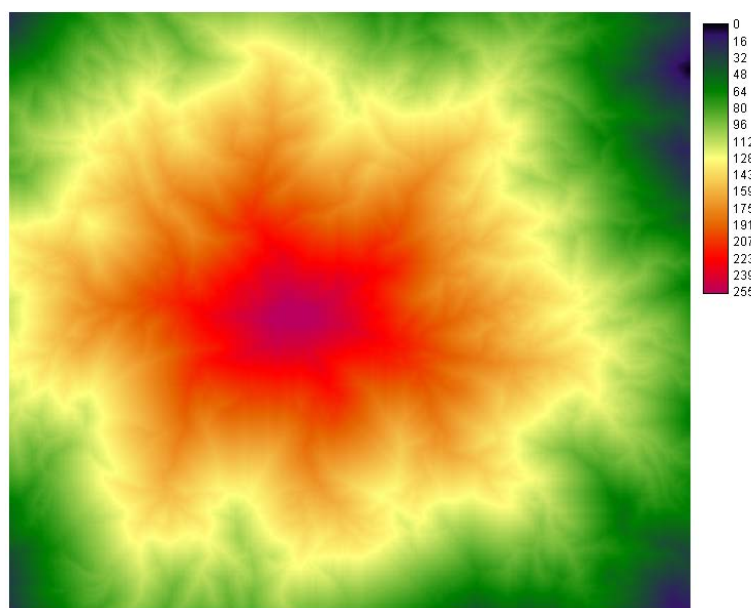
3.4.2 Faktor oddaljenosti od mestnega središča

Linearna funkcija je najbolj enostavna funkcija za prevrednotenje podatkov v zvezne podobe. Največja stroškovna razdalja bo imela vrednost najnižje primernosti (0), najmanjša stroškovna razdalja pa bo dobila vrednost najvišje primernosti (255). Padajoča linearna funkcija je za faktor oddaljenosti od mestnega središča primerna, ker primernost za poselitev pada z naraščanjem oddaljenosti od mestnega središča.

Slika 3.28 prikazuje prevrednotenje faktorja stroškovne razdalje. Izberemo monotono padajočo linearno funkcijo. Kot kontrolni točki vnesemo minimalno ($c=0$) in maksimalno ($d=509$) vrednost oddaljenosti ter dobimo rezultat, ki je prikazan na sliki 3.29.



Slika 3.28: Prevrednotenje faktorja oddaljenosti od mesta

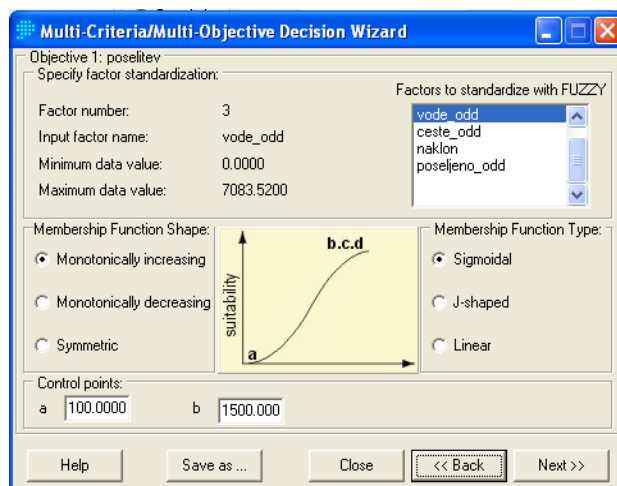


Slika 3.29: Prevrednoten faktor oddaljenosti od mesta (MESTOFUZZ)

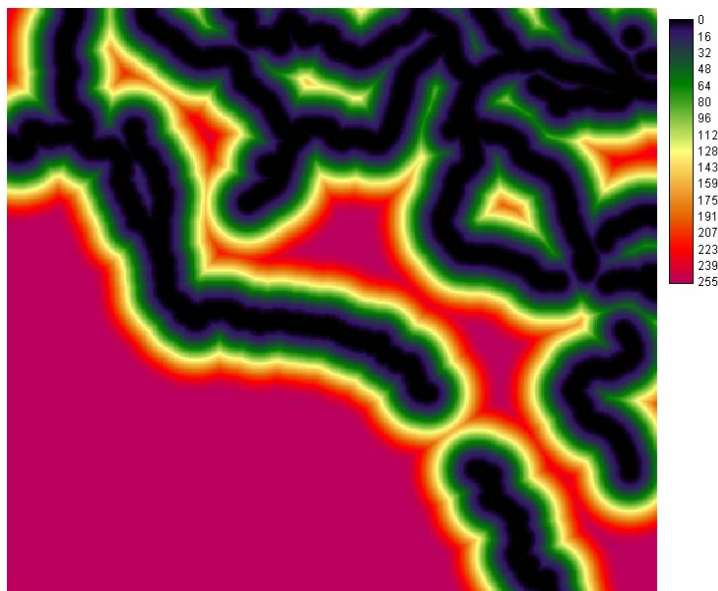
3.4.3 Faktor oddaljenosti od voda

Pri faktorju oddaljenosti od voda primernost za poselitev ne narašča ali pada konstantno in ni odvisna samo od oddaljenosti. Zgoraj smo že omenili, da mora biti nova poselitev zaradi predpisov ter varovanja okolja oddaljena od vode minimalno 100 metrov. Kot primer lahko podamo, da je oddaljenost 1500 metrov od vode enako ustrezna kot oddaljenost 2000 metrov. Torej primernost ne narašča vedno z oddaljenostjo.

Primernost za poselitev v oddaljenosti 100 metrov od vode narašča. V kontekstu varovanja okolja je največja primernost za poselitev v oddaljenosti do 1500 metrov od vode. Nad 1500 metri pa je primernost zopet konstantna. Takšno vedenje lahko opišemo z monotono naraščajočo krivuljo Sigmoidal (slika 3.30). Kontrolni točki pri 100 in 1500 metrih sta točki, v katerih se krivulja zravna oziroma ukrivi. Prva kontrolna točka (a) predstavlja vrednost, pri kateri se primernost ostro dviguje nad 0, druga kontrolna točka (b) pa predstavlja vrednost, ko se začne primernost ravnati in približevati največji vrednosti. Dobimo prevrednoten faktor oddaljenosti od voda, ki je prikazan na sliki 3.31.



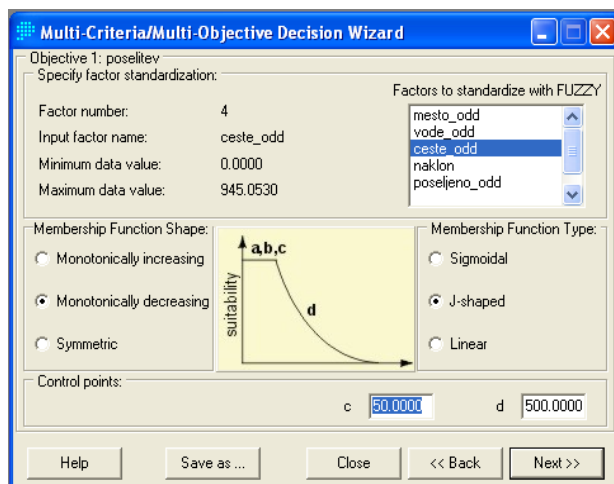
Slika 3.30: Prevrednotenje faktorja oddaljenosti od voda



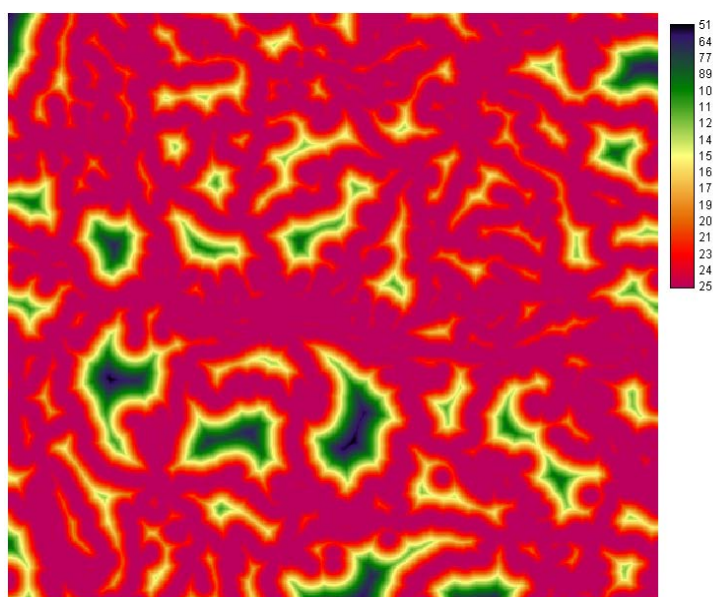
Slika 3.31: Prevrednoten faktor oddaljenosti od voda (VODEFUZZ)

3.4.4 Faktor oddaljenosti od cest

Območja, oddaljena od cest do 50 metrov, so primerna za novo poselitev. Primernost površin, ki so oddaljene od cest več kot 50 metrov, pada proti ničli vendar je nikoli ne doseže (asimptota). V orodju Idrisi lahko tako funkcijo opišemo s padajočo krivuljo v obliki zrcalne črke J. Obliko funkcije ter določitev kontrolnih točk prikazuje slika 3.32. Vrednost pri kateri se začne primernost zmanjševati, predstavlja prvo kontrolno točko $c = 50$ metrov. Druga kontrolna točka je na polovici med neustrezno in zelo ustrezno ($d = 500$). Prevrednoten faktor oddaljenosti od cest je prikazan na sliki 3.33.



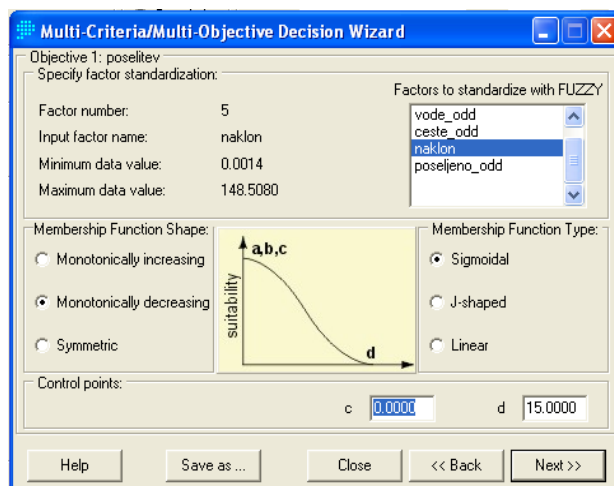
Slika 3.32: Prevrednotenje faktorja oddaljenosti od cest



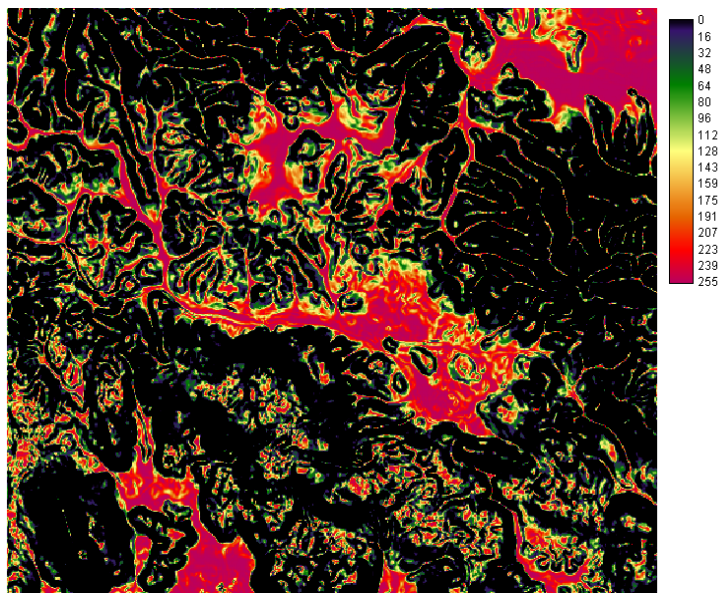
Slika 3.33: Prevrednoten faktor oddaljenosti od cest (CESTEFUZZ)

3.4.5 Faktor naklona terena

Nakloni manjši od 15 % zahtevajo najmanj stroškov za razvoj nove poselitve. Najmanjši nakloni so najbolj primerni za poselitev, vsi nakloni nad 15 % pa neprimerni. Za prevrednotenje faktorja smo uporabili padajočo funkcijo Sigmoidal (slika 3.34). Slika 3.35 prikazuje faktor naklon, ki je prevrednoten v zvezno lestvico primernosti



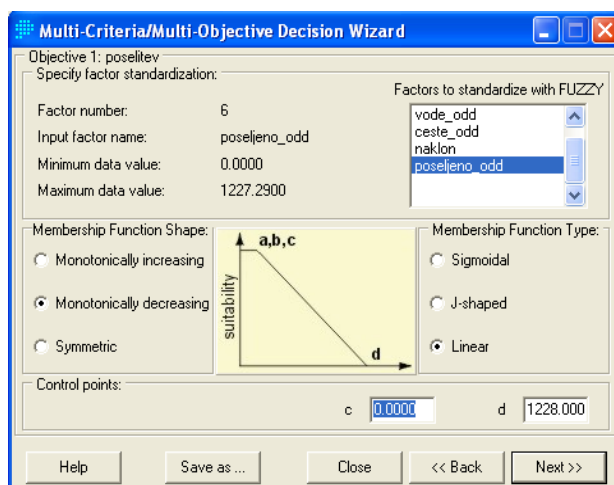
Slika 3.34: Prevrednotenje faktorja naklona



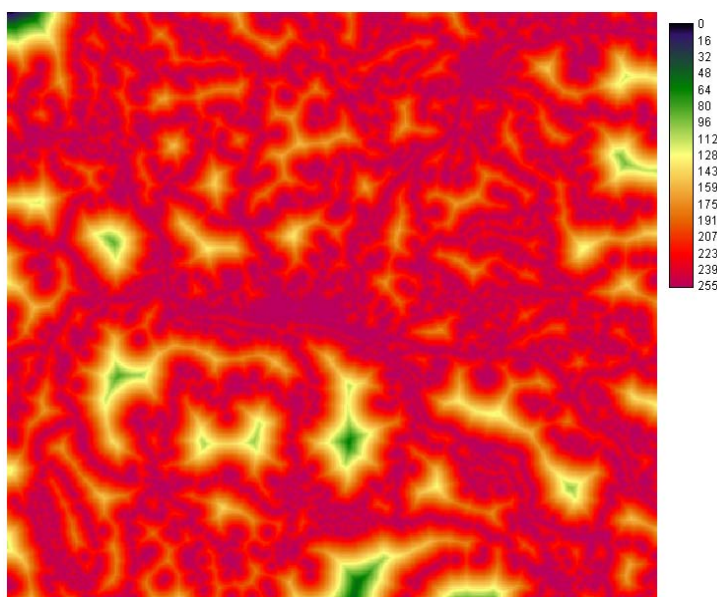
Slika 3.35: Prevrednoten faktor naklona (NAKLONFUZZ)

3.4.6 Faktor oddaljenosti od poseljenih površin

Pri faktorju oddaljenosti od poseljenih površin uporabimo padajočo linearno funkcijo. Slika 3.36 prikazuje obliko funkcije za prevrednotenje faktorja, slika 3.37 pa prikazuje prevrednoten faktor oddaljenosti od poseljenih površin. Površine bližje že poseljenim površinam so primernejše od tistih, ki so bolj oddaljene. Prva kontrolna točka (0) predstavlja vrednost najmanjše oddaljenosti, vrednost največje oddaljenosti pa druga (1228).



Slika 3.36: Prevrednotenje faktorja oddaljenosti od poseljenih površin

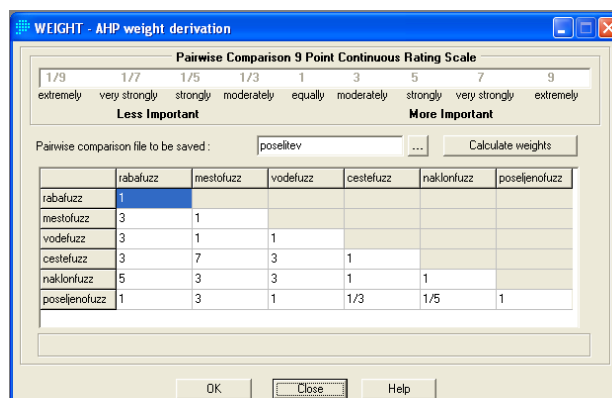


Slika 3.37: Prevrednoten faktor oddaljenosti od poseljenih površin (POSELJENOFUZZ)

3.4.7 Določanje uteži faktorjem za združevanje

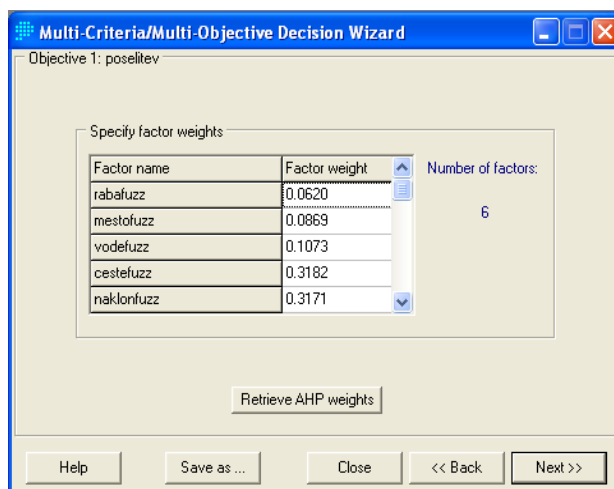
Ena od prednosti utežene linearne kombinacije (ULK) je možnost določanja relativnih uteži posameznemu faktorju. Uteži so dodeljene vsakemu faktorju. Uteži pojasnjujejo pomen posameznega faktorja v primerjavi z drugimi. V primeru utežene linearne kombinacije se faktorji popolnoma uravnotežijo. Kot primer navedimo določeno lokacijo, kjer lahko en faktor z visoko primernostjo uravnoteži drug faktor z nizko primernostjo za poselitev.

Za določitev uteži faktorjev uporabljamo modul *WEIGHT*. Modul primerja po dva faktorja paroma v smislu njihovega pomena za novo poselitev. Modul primerja vse faktorje ter izračuna niz uteži in razmerje doslednosti. Razmerje nakazuje na morebitna odstopanja, ki bi se lahko zgodila med primerjavo parov faktorjev. Za izpeljavo uteži izberemo način AHP (Analytical Hierarchy Process). Zaženemo modul *WEIGHT*. Izdelamo novo datoteko ter pričnemo s primerjanjem posameznega faktorja z ostalimi, kar prikazuje slika 3.38. Relativno gledano na stolpec določamo pomembnost vrstice. Tako izpolnimo celotno matriko od leve proti desne za vsak faktor posebej. Kot primer navedimo: lokacija blizu cest je dosti bolj pomembna od lokacije blizu mestnega središča.



Slika 3.38: Modul uteži

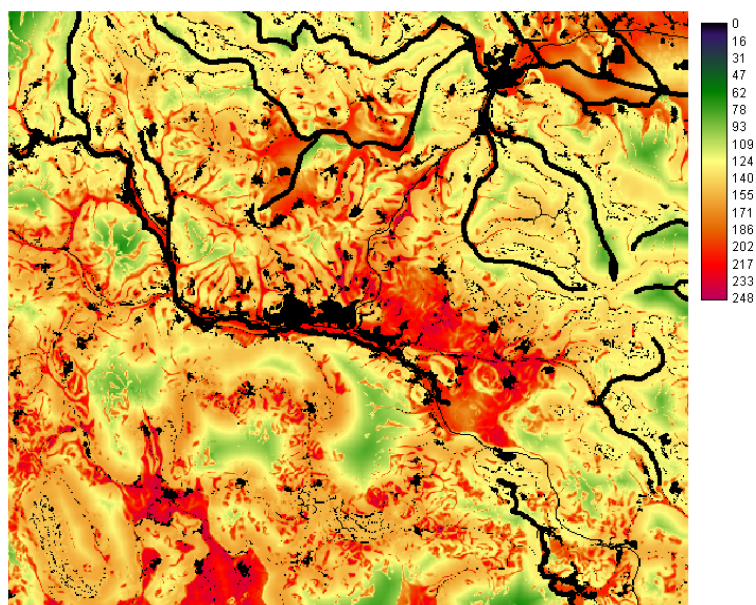
V oknu (slika 3.39) se prikažejo uteži faktorjev.



Slika 3.39: Uteži faktorjev

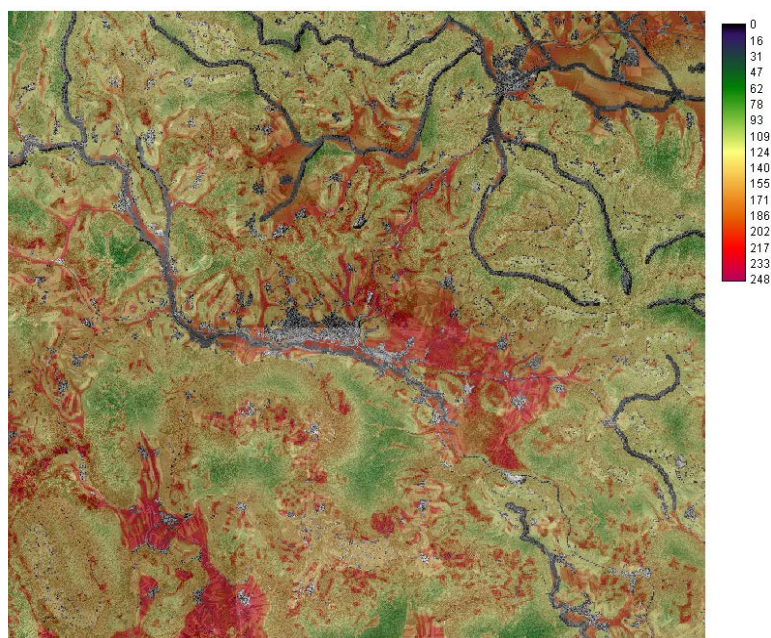
3.4.8 Združitev uteženih faktorjev in omejitev z uteženo linearno kombinacijo

Idrisi vsak standardiziran faktor pomnoži s pripadajočo utežjo, sešteje ter vsoto deli s številom faktorjev. Upoštevamo tudi omejitve, ki delujeta kot maski. Omejitve Idrisi zmnoži z dobljeno podobo. Dobimo podobo primernosti za poselitev z lestvico 0 – 255, katero prikazuje slika 3.40. Z orodjem za raziskovanje (Feature properties) lahko raziščemo celotno podobo. Najboljše lokacije so na podobi dobro vidne tam, kjer so barve vijolične ali rdeče. Za ostala primerna območja imamo ob strani tudi legendo. Sorazmerno s padanjem odtenka barve proti črni, pada tudi primernost za novo poselitev. Tam, kjer je črna barva, so neprimerne površine za poselitev.



Slika 3.40: Rezultat utežene linearne kombinacije (VKV_ULK)

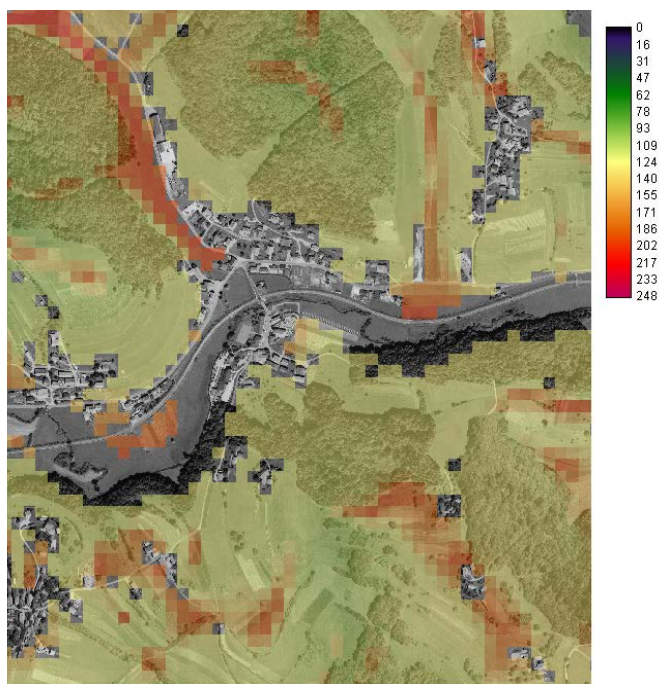
Pri raziskovanju pravilnosti rezultata se osredotočimo zgolj na območje vasi Šentlovrenc. Slika 3.41 prikazuje rezultat utežene linearne kombinacije skupaj z digitalnim ortofotom.



Slika 3.41: Rezultat utežene linearne kombinacije in digitalni ortofoto

V primerjavi z Boolovo metodo združevanja je ta metoda dosti boljša. Na sliki 3.42 vidimo, da je večina območij srednje primernosti za poselitev. Tam, kjer so območja prazna (vrednosti je enaka 0), so železnica, 50 metrsko območje okoli vode ter že pozidana območja. Na sliki je zelo dobro videti območja, ki so bolj primerna za poselitev.

Pri Boolovi metodi smo upoštevali samo cenejša zemljišča, kot so gozd, drevesa in grmičevje ter zemljišča v zaraščanju. Zaradi tega nekatere površine niso bile izbrane. Pri zadnji metodi (ULK) pa smo določili tudi primernost zemljišč za poselitev glede na faktor rabe tal. Za poselitev smo namreč izbrali tudi obdelovalno zemljo, katero se vedno ščiti, a smo ji določili najmanjšo primernost za poselitev. Glavna prednost metode ULK je v merljivosti rezultatov. Pri Boolovem združevanju pa lahko določimo samo primerno ter neprimerno.



Slika 3.42: Detajlni prikaz območja rezultata na območju vasi Šentlovrenc

Lahko bi upoštevali tudi varovalne pasove določene s 47. členom Zakona o javnih cestah. Varovalne pasove merimo od zunanjega roba cestnega sveta na vsako stran ceste ter znašajo za:

- avtoceste 40 m;
- hitre ceste 35 m;
- glavne ceste 25 m;
- regionalne ceste 15 m in za
- kategorizirane občinske ceste 10 m.

Poznamo pa tudi varovalni progovni pas in varovalni pas ob industrijskem tiru. Varovalni progovni pas je 200 metrski zemljiški pas na obeh straneh proge, merjeno v zračni črti od osi skrajnih tirov proge. Varovalni pas ob industrijskem tiru je 80 metrov širok pas, merjeno od osi skrajnih tirov. Varovalni pasovi ob železnici so določeni z 2. ter 87. členom Zakona o varnosti v železniškem prometu.

Z upoštevanjem teh omejitve bi dobil precej manj primernih površin. V praksi se večinoma pridobijo potrebna soglasja od upravljavca železniške infrastrukture, Slovenskih železnic, in od Direkcije za ceste, da se lahko gradi tudi znotraj varovalnega pasu.

3.5 Razvrstilno uteženo povprečenje

Razvrstilno uteženo povprečenje (RUP) uporabljamo kot metodo večkriterijskega vrednotenja. Pri tej tehniki prav tako uporabljamo faktorje, standardizirane z zvezno lestvico primernosti, utežene glede na njihov relativni pomen. Omejitve ostanejo kot Boolove maske. V primeru metode razvrstilnega uteženega povprečenja potrebujemo še drugi niz uteži. To so razvrstilne uteži, ki se prav tako nanašajo na standardizirane faktorje. S tem omogočimo nadzor nad stopnjo uravnoteženja med faktorji ter stopnjo tveganja pri določanju primernosti.

Boolovo združevanje kriterijev in utežena linearna kombinacija ležita vzdolž kontinuma IN – ALI. Rezultat Boolove metode združevanja predstavlja točko na levi spodnji strani strateškega trikotnika, rezultat utežene linearne kombinacije pa točko na sredini. Pri razvrstilnem uteženem povprečenju pa lahko nadzorujemo stopnjo tveganja, ki smo ga pripravljene sprejeti v postopku večkriterijskega vrednotenja. Prav tako lahko upravljamo stopnjo, do katere bodo uteži faktorjev vplivale na končno podobo.

Nadzor nad tveganjem in uravnoteženjem omogočimo preko niza razvrstilnih uteži za različni vrstni red faktorjev za vsako lokacijo (celico) posebej. Z razvrstilnimi utežmi prilagodimo stopnjo, do katere bodo v postopku združevanja uteži faktorjev imele vpliv. Ko določimo uteži faktorjev, rezultate razvrstimo od majhne do velike primernosti za vsako lokacijo (celico). Torej faktorju najmanjše primernosti dodelimo prvo razvrstilno utež, faktorju naslednje najmanjše primernosti drugo razvrstilno utež, itn.

3.5.1 Srednje tveganje in popolno uravnoteženje

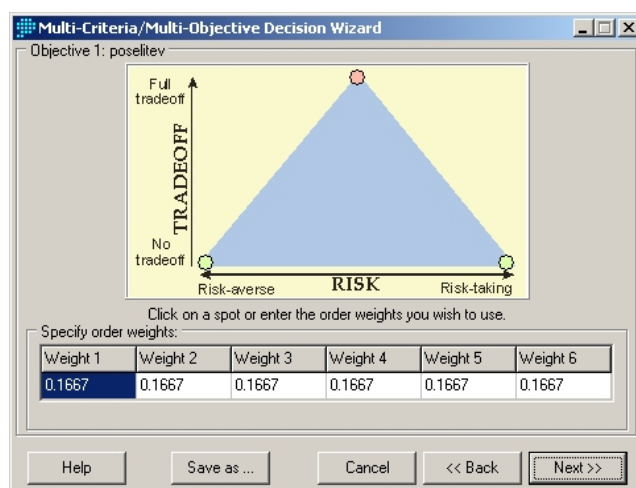
V primeru šestih faktorjev določimo šest razvrstilnih uteži. V primeru srednjega tveganja in popolnega uravnoteženja dobimo enako podobo kot pri uravnoteženi linearni kombinaciji.

Srednja stopnja tveganja in popolno uravnoteženje

razvrstilne uteži (p)	$0,1\bar{6}$	$0,1\bar{6}$	$0,1\bar{6}$	$0,1\bar{6}$	$0,1\bar{6}$	$0,1\bar{6}$	$\sum_i p = 1$
rang (i)	1	2	3	4	5	6	

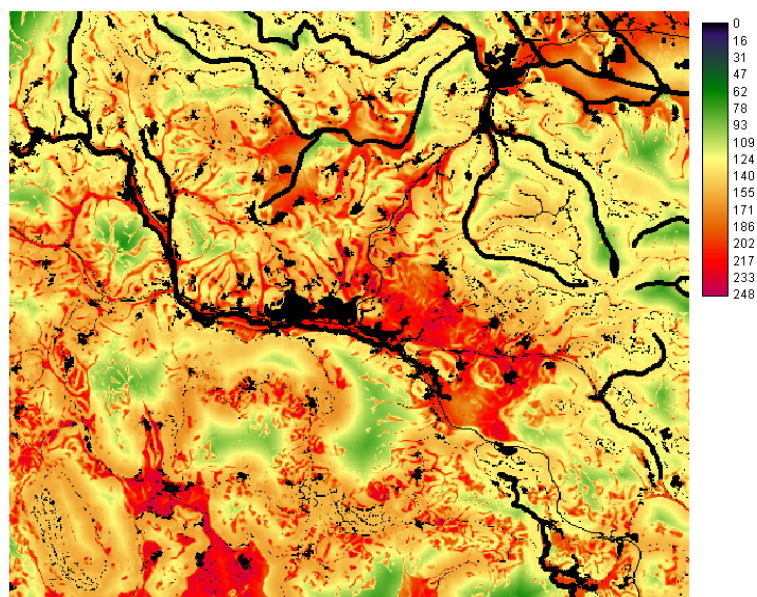
Uteži so enakomerno razporejene med faktorje ne glede na njihov položaj med minimumom in maksimumom za vsako lokacijo. V smislu tveganja bo rezultat točno na sredini. Noben posamezen rang nima večjega vpliva na končno podobo.

Uporabimo prej ustvarjeno datoteko (postopek) čarovnika za podporo pri odločitvah. Postopek je enak, dokler ne pridemo do razvrstilnega uteženega povprečenja. Razvrstilne uteži določimo za vse faktorje enako (slika 3.43). Izdelali bomo rešitev s popolnim uravnoteženjem in srednjim tveganjem.



Slika 3.43: Določitev razvrstilnih uteži

Na sliki 3.44 je prikazana končna podoba (VKVSRED). Če prikažemo tudi prejšnjo podobo (VKV_ULK), lahko vidimo, da sta podobi na slikah 3.40 in 3.44 enaki.



Slika 3.44: Rezultat s srednjim tveganjem ter popolnim uravnoteženjem (VKVSRED)

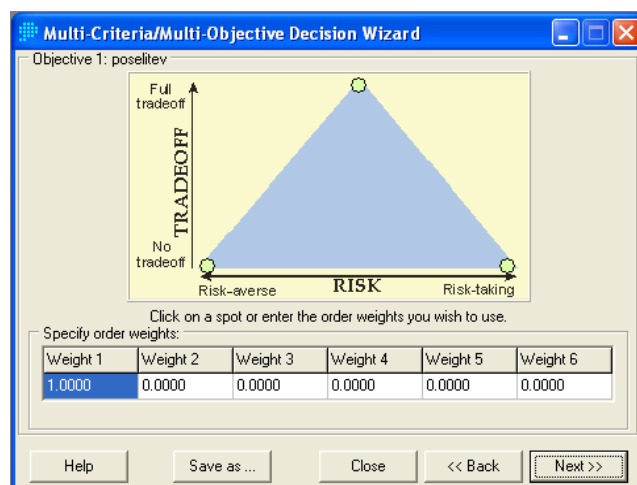
3.5.2 Majhno tveganje in nič uravnoteženja

Če nočemo tvegati veliko, dodelimo večje razvrstilne uteži nižjim rangom, to je minimalnim vrednostim primernosti. Polno utež dodelimo prvemu rangi. Rezultat bo podoben rezultatu operacije logičnega IN z Boolovim združevanjem. V tem primeru uporabimo naslednje razvrstilne uteži:

razvrstilne uteži (p)	1	0	0	0	0	0	$\sum_i p = 1$
rang (i)	1	2	3	4	5	6	

Polno utež dodelimo faktorju z najmanjšo primernostjo za določeno lokacijo.

Uporabimo prej ustvarjeno datoteko čarovnika (VKVSRED). Vse nastavitve ostanejo iste dokler ne pridemo do pogovornega okna z razvrstilnimi utežmi.

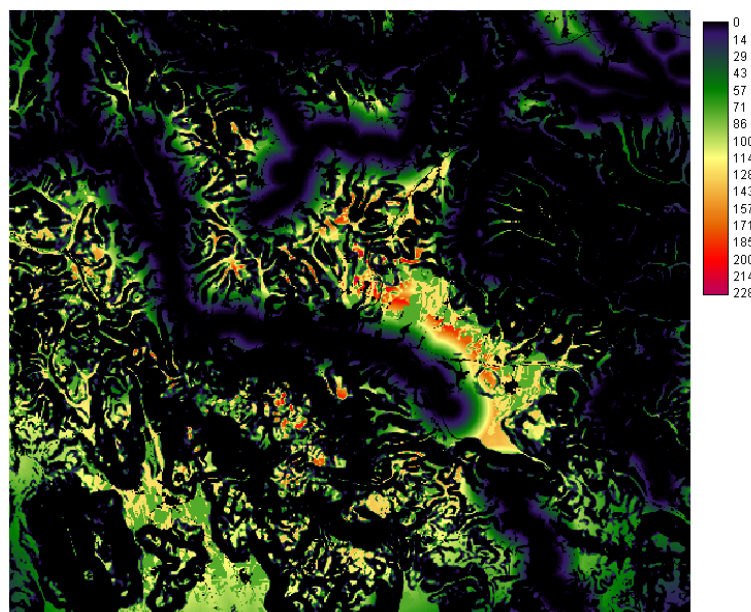


Slika 3.45: Določanje razvrstilnih uteži

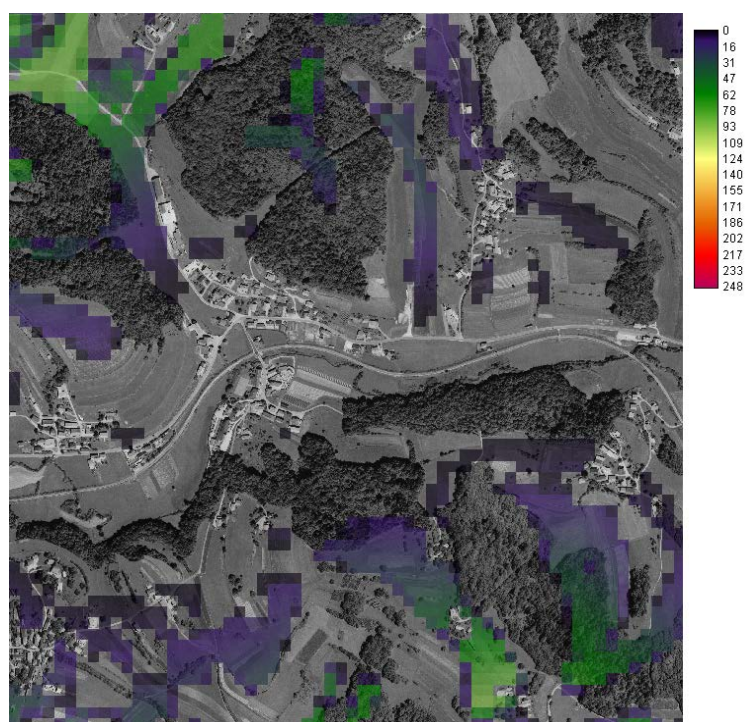
Na sliki 3.45 je prikazana dodelitev razvrstilnih uteži. V tem primeru dodelimo polno utež prvemu faktorju, faktorju z najmanjšo primernostjo. Za posamezno celico se izračuna zmnožek med vrednostjo celice ter utežjo. Faktor z najmanjšo vrednostjo zmnožka se izbere kot prvi rang. Vrednost celice izbranega rana nato zapiše v končno podobo. Ta izračun izvede za vse celice na podobah.

V primeru najmanjšega tveganja ter brez uravnoteženja se nahajamo v spodnjem levem vogalu trikotnika.

Razlika med Boolovo podobo ter med nastalo podobo na sliki 3.46 je predvsem, da je sedaj primernost za novo poselitev merljiva (izražena z lestvico 0 – 255).

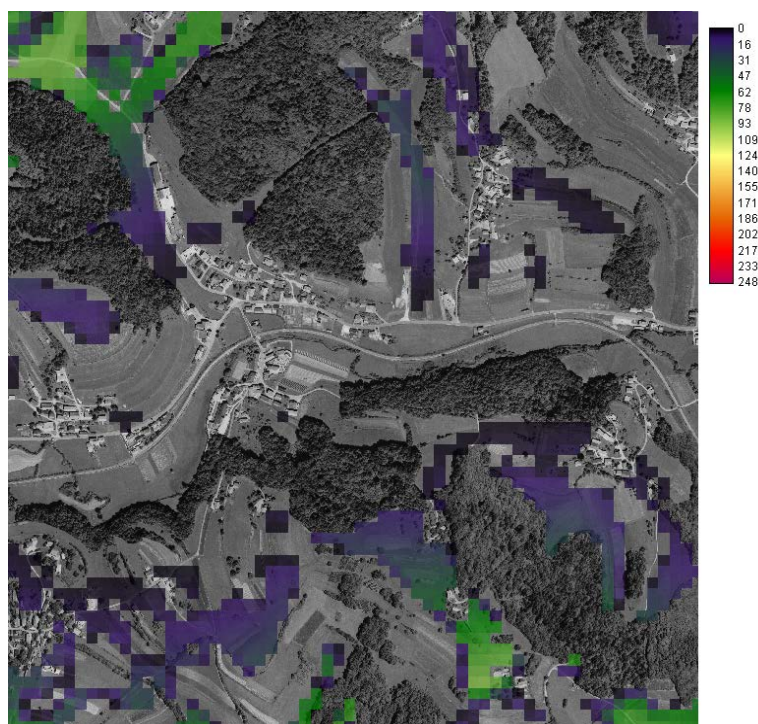


Slika 3.46: Rezultat z majhnim tveganjem brez uravnoteženja (VKVMIN)



Slika 3.47: Detajlni prikaz območja vasi Šentlovrenc v primeru majhnega tveganja ter brez uravnoteženja

Oglejmo si sliko 3.47, katera prikazuje detajlni prikaz območja vasi Šentlovrenc. Večina območij, ki je izbranih na Boolovi podobi, je tudi tukaj izbranih.



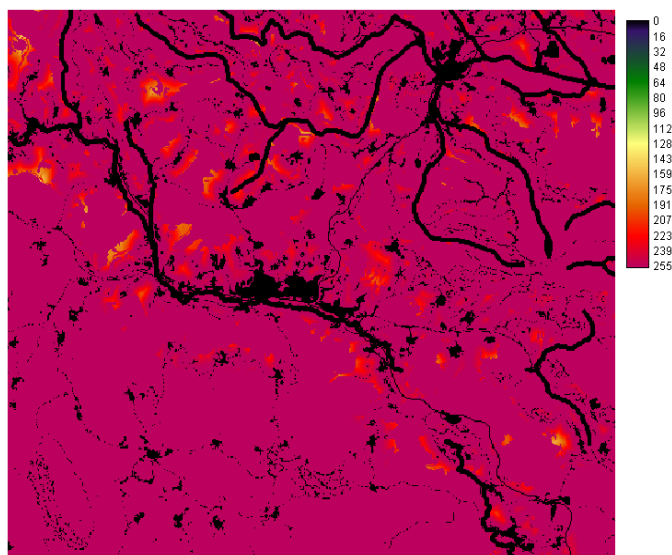
Slika 3.48: Primerjava Boolove metode ter metode z razvrstilnimi utežmi

Slika 3.48 nam prikazuje območja, ki niso bila izbrana na Boolovi podobi, so pa izbrana na podobi ustvarjeni z razvrstilnim uteženim povprečenjem – VKVMIN. Posledica tega je, da pri razvrstilnem povprečenju podoba prikazuje primernost v stopnjah od 0-255. Opazimo da je teh območij kar veliko. Na razliko med podobama vpliva tudi to, da pri razvrstilnim povprečenjem uporabimo tudi območja obdelovalne zemlje, kateri smo določili minimalno primernost za poselitev 75. Takega načina pri Boolovem združevanju ne moremo uporabiti. Zgornja izbrana območja so zelo primerna za poselitev, zato lahko še enkrat poudarimo, da Boolova metoda daje zelo omejene rezultate, ki so samo včasih primerni za nadaljnjo analizo. So pa ti rezultati primerni za primerjavo z ostalimi postopki večkriterijskega vrednotenja.

3.5.3 Veliko tveganje in nič uravnoveženja

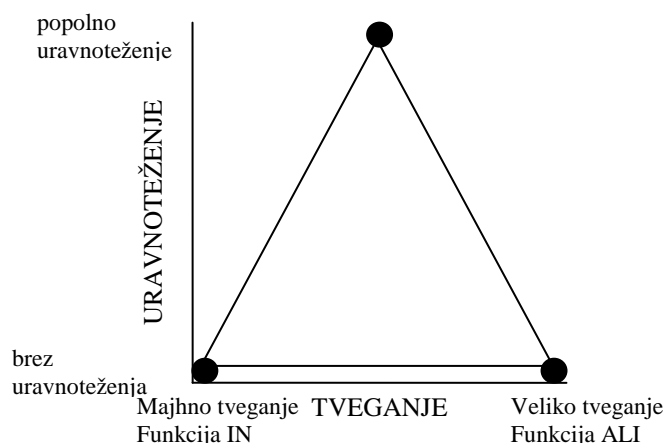
Ustvarimo še eno podobo ekstremnih vrednosti. Vse nastavitve ostanejo iste do pogovornega okna z razvrstilnimi utežmi. V tem delu izberemo nastavitve uteži v desnem spodnjem vogalu strateškega trikotnika, kar prikazuje slika 3.50. Razvrstilne uteži se spremenijo. Polno utež dodelimo faktorju z največjo primernostjo za poselitev. Spet imamo postopek brez uravnoveženja, a v tem primeru maksimalno tvegamo. V skladu s tem bo tudi rezultat čisto

drugačen. Idrisi izbere za vsako celico posebej največji zmnožek posamezne uteži z vrednostjo celice med vsemi faktorji, ter zapiše vrednost iste celice faktorja z največjim zmnožkom v končno podobo.



Slika 3.49: Rezultat z velikim tveganjem brez uravnoteženja (VKVMAX)

V primeru velikega tveganja ter brez uravnoteženja (slika 3.49) so zelo primerna skoraj vsa območja, kar je zelo tvegano. Podoba je takšna, kot pri združevanju Boolovih podob z logično operacijo ALI. Tak rezultat ni dober, saj so zelo primerne vse površine, tudi tiste, ki ne ustrezajo kriterijem.



Slika 3.50: Strateški trikotnik odločanja

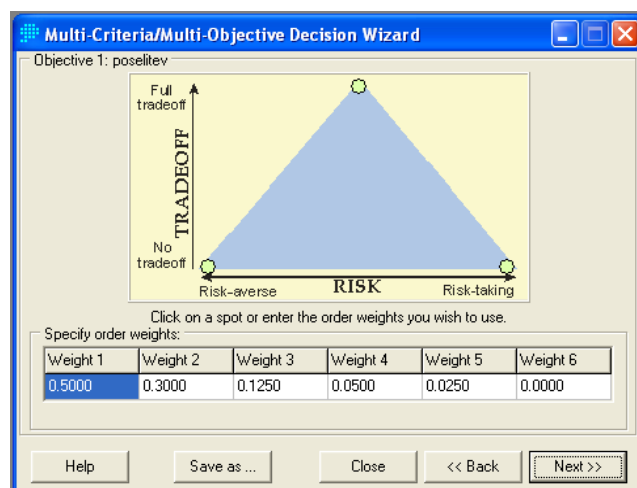
3.5.4 Različne stopnje tveganja in uravnoteženja

S spreminjanjem razvrstilnih uteži v čarovniku lahko ustvarimo veliko število možnih rešitev za naš problem poselitve.

Npr. prostorski planerji želijo umestiti novo poselitve v prostor z majhnim tveganjem. Operacija IN ne dovoli uravnoteženja, uravnotežena linearna kombinacija omogoča popolno uravnoteženje, vendar predstavlja najbolj liberalno rešitev. Razviti moramo niz razvrstilnih uteži, ki bodo dale nekaj uravnoteženja in bodo v rešitvi ohranile stopnjo majhnega tveganja.

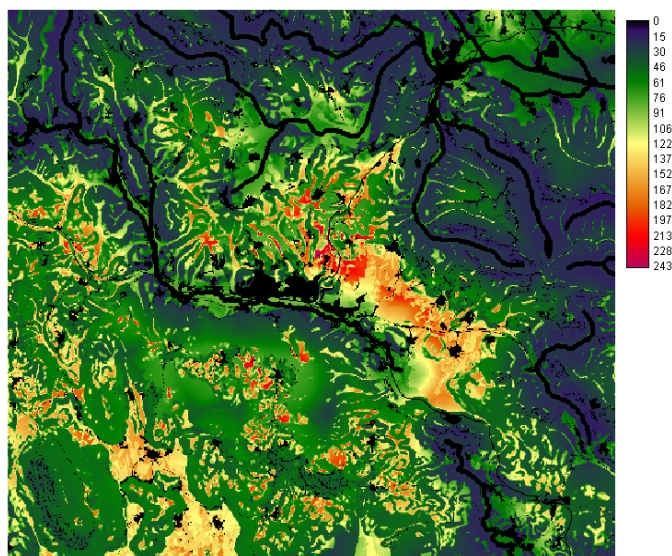
Obstaja nekaj nizov razvrstilnih uteži, da bi to dosegli. V prvem primeru uporabimo naslednje uteži za posamezne range.

Majhna stopnja tveganja in nekaj uravnoteženja



Slika 3.51: Določanje razvrstilnih uteži za primer majhne stopnje tveganja in nekaj uravnoteženja

V primeru majhne stopnje tveganja in nekaj uravnoteženja se naša operacija z zgornjimi utežmi (slika 3.51) v smislu tveganja nahaja točno na sredino med funkcijo logičnega IN in utežene linearne kombinacije (točka na vrhu strateškega trikotnika). Prav tako v smislu uravnoteženja se naša operacija nahaja med IN funkcijo ter združevanjem z uravnoteženo linearno kombinacijo. Slika 3.52 prikazuje rezultat določitve uteži.



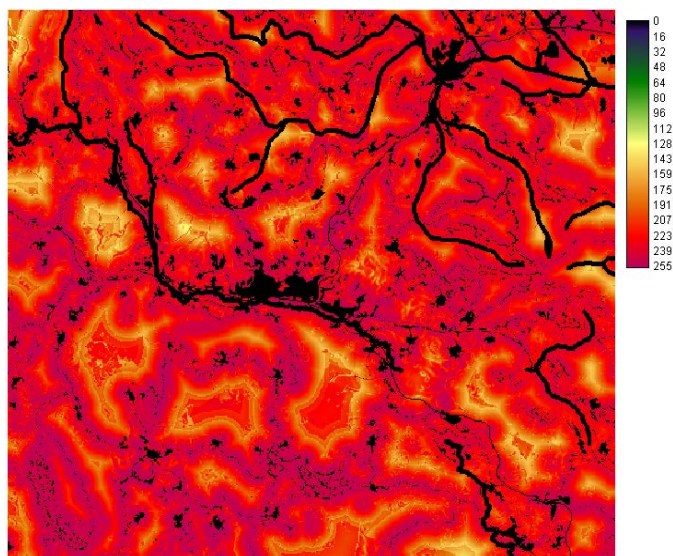
Slika 3.52: Rezultat z majhnim tveganjem ter nekaj uravnoteženja (VKVSREDIN)

Velika stopnja tveganja in nekaj uravnoteženja

Naredimo še podobo VKVSREDALI (slika 3.53). Za izdelavo te smo uporabili naslednje razvrstilne uteži:

Velika stopnja tveganja in nekaj uravnoteženja

razvrstilne uteži (p)	0	0,025	0,05	0,125	0,3	0,5	$\sum_i p = 1$
rang (i)	1	2	3	4	5	6	

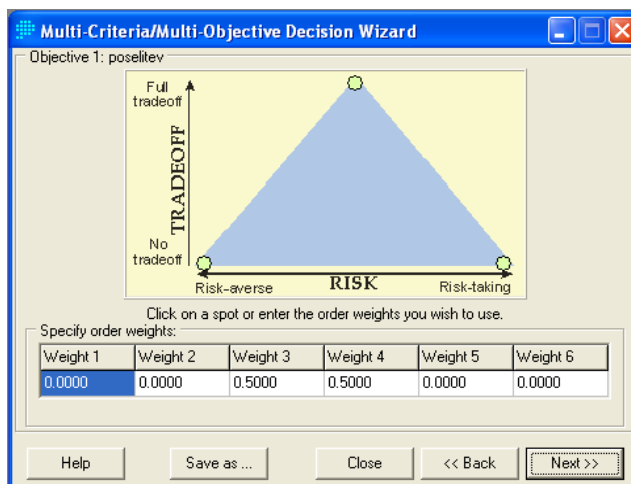


Slika 3.53: Rezultat z veliko stopnjo tveganja ter nekaj uravnoteženja (VKVSREDALI)

Primernost vsake celice za novo poselitev narašča od levega proti desnemu vogalu strateškega trikotnika, to se pravi od IN proti ALI funkciji. Logični operaciji IN ter ALI narekujeta najmanjšo ter največjo vrednost faktorjev. Vmesni rezultati med IN ter ALI funkcijo so si zelo podobni v celicah, kjer so vrednosti močno uteženih faktorjev podobne. To je pri faktorju cest ter naklona.

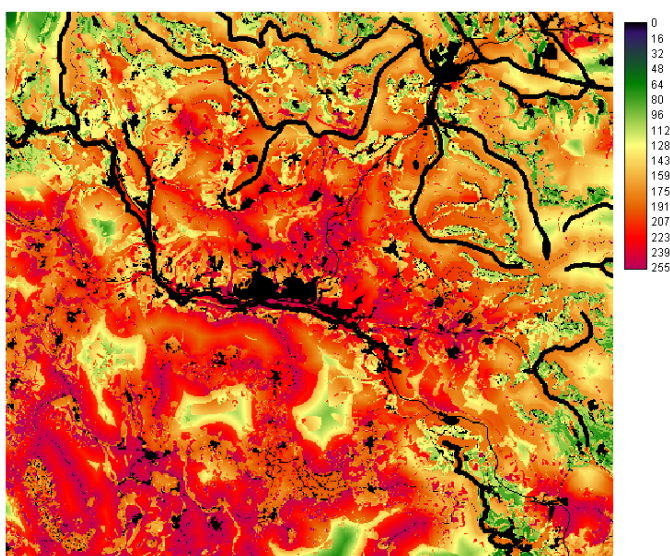
Združevanje podob na osnovi IN ter ALI funkcije je neustrezno glede tveganja, v prvem tvegamo zelo malo, v drugem primeru pa tvegamo preveč. Hočemo dobiti podobo povprečnega tveganja in brez uravnoteženja. V takem primeru moramo uporabiti razvrstilne uteži, prikazane na sliki 3.54.

Srednja stopnja tveganja in nekaj uravnoteženja



Slika 3.54: Srednja stopnja tveganja in nič uravnoteženja

V primeru sodega števila faktorjev ne moremo določiti razvrstilne uteži tako, da bi dosegli stanje brez vsakega uravnoteženja.



Slika 3.55: Rezultat s srednjo stopnjo tveganja brez uravnoteženja (VKVSTNU)

Kljub temu, da imata podobi VKVSRED (slika 3.44) in VKVSTNU (slika 3.55) obe isto stopnjo tveganja, sta si precej različni. S spreminjanjem uravnoteženja lahko prilagodimo analize, tako da zadostujejo določenim problemom.

3.5.5 Razvrstitev faktorjev glede na uravnoteženje

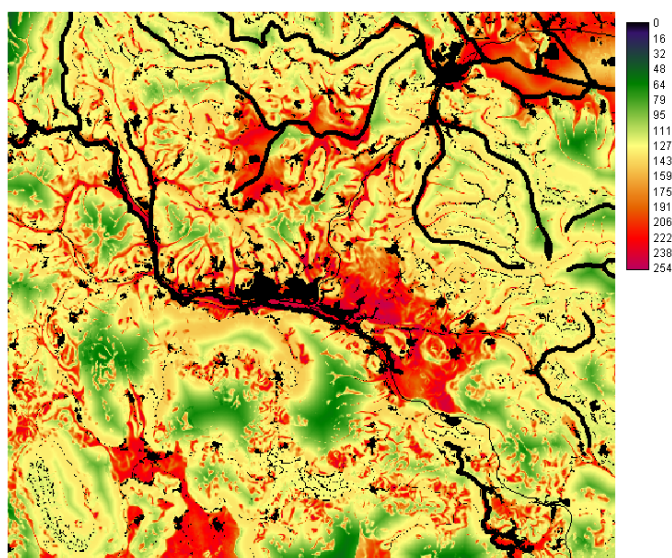
Omenili smo že, da imamo dva tipa faktorjev: stroškovne in faktorje okolja. Ta dva tipa faktorjev imata lahko različne stopnje uravnoteženja. Stroškovni faktorji se lahko popolnoma uravnotežijo. Nizki stroški v enem faktorju lahko uravnotežijo visoke stroške v drugem faktorju. Faktorje okolja pa običajno ne moremo tako enostavno uravnotežiti. Naše faktorje obravnavamo kot dva niza z različnima stopnjama uravnoteženja. Vsakemu nizu določimo razvrstilne uteži. Tako dobimo dve karti primernosti, ki ju na koncu združimo.

Pri združitvi stroškovnih faktorjev uporabimo postopek uravnotežene linearne kombinacije, to je popolno uravnoteženje in srednje tveganje. Tukaj upoštevamo štiri stroškovne faktorje: obstoječa raba tal, oddaljenost od mestnega središča, oddaljenost od cest in naklon. Oblikujemo tudi nove uteži faktorjev, ker so bile prejšnje uteži izpeljane skupaj s faktorji okolja. Stare uteži prevrednotimo tako, da je njihova vsota enaka 1. Omejitve ostanejo iste.

Preglednica 3.4: Uteži stroškovnih faktorjev

	izvirne uteži	prevrednotene uteži
RABAFUZZ	0,0620	0,0791
MESTOFUZZ	0,0869	0,1108
CESTEFUZZ	0,3182	0,4057
NAKLONFUZZ	0,3171	0,4044

Združeni stroškovni faktorji so prikazani na sliki 3.56.

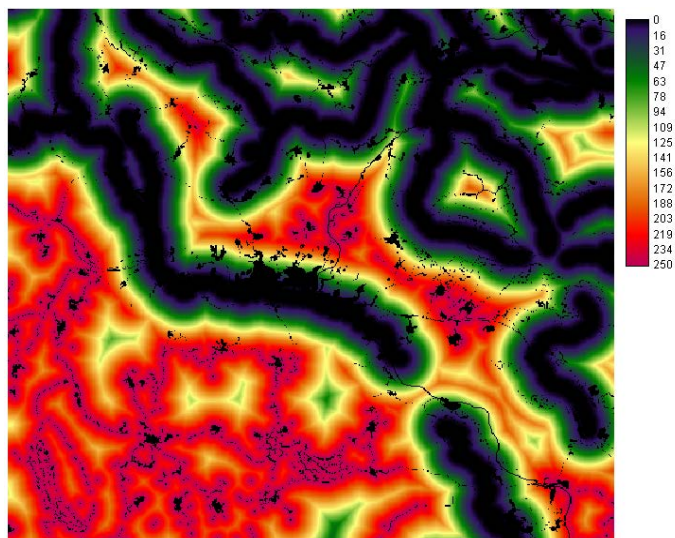


Slika 3.56: Združeni stroškovni faktorji (FAKTORSTROŠEK)

Pri faktorjih okolja uporabimo postopek z majhnim tveganjem ter brez uravnoteženja, to je postopek razvrstilnega uteženega povprečenja. Upoštevamo dva faktorja: oddaljenost od vod ter oddaljenost od poseljenih površin. Izvirne uteži faktorjev prevrednotimo, uporabimo omejitve ter dobimo podobo združenih faktorjev okolja (slika 3.57).

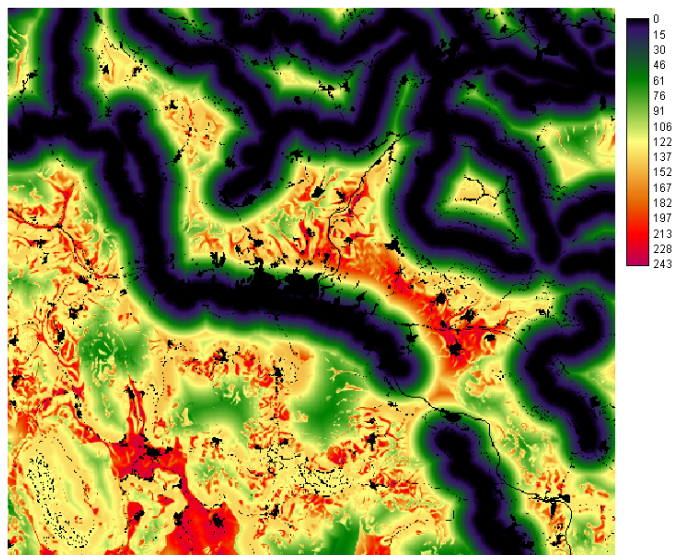
Preglednica 3.5: Uteži faktorjev okolja

	izvirne uteži	prevrednotene uteži
VODEFUZZ	0,1073	0,4972
POSELJENOFUZZ	0,1085	0,5028



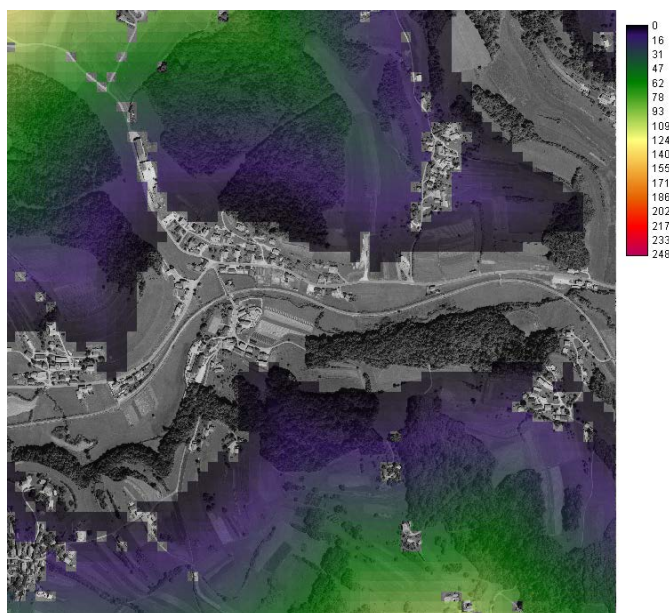
Slika 3.57: Združena faktorja okolja (FAKTOROKOLJE)

Na koncu združimo naše vmesne rezultate, podobe FAKTORSTROSEK (slika 3.56) in FAKTOROKOLJE (slika 3.57). Kot prostorski planerji ne želimo dati nobenemu od nizu faktorjev večje uteži, zato so uteži enake. Podobi združimo z najmanjšo stopnjo tveganja ter brez uravnoteženja ter dobimo podobo primernih površin za poselitev (slika 3.58).



Slika 3.58: Primerne površine za poselitev (VKVKONCNA)

Razvrstilno uteženo povprečenje je zelo prilagodljivo orodje za večkriterijsko vrednotenje. Omogoča kombiniranje faktorjev z različnimi utežmi. Omogoča nadzor nad stopnjo uravnoteženja in stopnjo tveganja. V primeru, ko faktorji nimajo enake stopnje uravnoteženja, jih lahko obravnavamo ločeno ter jih na koncu združimo.



Slika 3.59: Detajlni prikaz območja vasi Šentlovrenc za primer ločenega obravnavanja faktorjev

Na zgornji sliki (slika 3.61) se vidi, da smo obravnavali ločeno faktorje okolja ter stroškovne faktorje. Pri faktorjih okolja upoštevamo vode ter oddaljenost od poseljenih površin. Oddaljenost od vod je že tako vključena v omejitev zaradi varovanja, še dodatno pa je zavarovan še 50 metrski pas okoli vod. Tako narašča primernost za poselitev z oddaljenostjo od tega varovalnega pasu, kar je tudi očitno na sliki 3.59. Vidimo, da so površine okoli že poseljenih območij primerne za poselitev. Po drugi strani pa se z vidika stroškovnih faktorjev vidi, da so stroški za poselitev na manj primernih območjih (recimo modra) višji zaradi naklona, oddaljenostjo od ceste, mestnega središča, rabe tal. Lepo se vidi, da so tam kjer je vijolična barva njive, ki so manj primerne za poselitev, kar pomeni višje stroške za gradnjo.

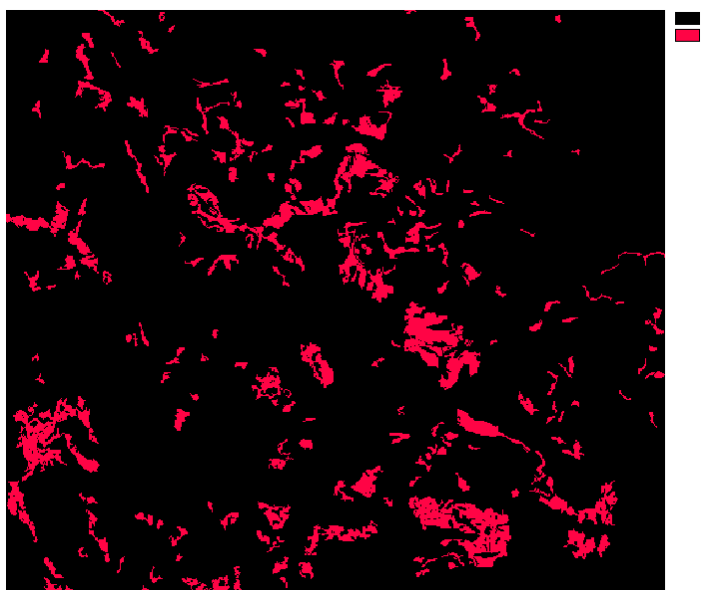
3.6 VKV: Izbira zemljišča po Boolovem in zveznem pristopu

3.6.1 Izbira zemljišča z uporabo rezultata Boolovega pristopa

Površine pri Boolovem pristopu so razdeljene na primerne in neprimerne. Izbira zemljišča je v tem primeru precej enostavna. Ne moremo pa določiti najboljših območij za poselitev znotraj celotne podobe. Ostane nam problem velikosti in strnjenosti primernih površin.

Primerne površine so razpršene po celotnem obravnavanem območju. Veliko jih je premajhnih za projekt nove poselitve, nekatera so velika le nekaj 10 m². Lahko pa dodamo še omejitve, da morajo biti primerne površine za novo poselitev velike vsaj 1 hektar. Velikost zemljišč je odvisna tudi od vrste gradnje. Pri naši nalogi smo se osredotočili predvsem na stanovanjsko gradnjo.

Uporabimo rezultat Boolovega združevanja faktorjev VKVBOOL (slika 3.23). Modul GROUP določi stikajoča se območja z enako vrednostjo celic. Take celice dobijo isti identifikator. Na podlagi rezultata modula GROUP, poženemo modul AREA. S tem izdelamo rastrsko podobo zaključenih površin v hektarjih. Nato nastalo podobo reklasificiramo v logično podobo zaključenih zemljišč z več kot 1 ha površine. S prekrivanjem podatkovnih slojev z logično operacijo IN ustvarimo podobo s prikazom strnjenih zemljišč velikosti najmanj 1 ha (slika 3.60).



Slika 3.60: Zemljišča velikosti najmanj 1 ha primerna za poselitev (VKVBOOL1)

3.6.2 Izbira zemljišča z uporabo podob zvezne primernosti

Rezultat utežene linearne kombinacije in razvrstilnega uteženega povprečenja so podobe z primernostjo od 0 – 255. To pa otežuje izbiro zemljišča. Pri Boolovem pristopu je bilo zelo enostavno, zemljišča so bila primerna ali neprimerna. Edini problem je bil le zaključenost teh zemljišč. Pri zvezni primernosti podob je najprej potrebno odločiti, katera lokacija izmed možnih naj bo izbrana, šele potem se lahko lotimo reševanja problema zaključenosti zemljišč.

Obravnavali bomo dva osnovna pristopa za izbiro zemljišč na podlagi podob z zvezno lestvico primernosti. Pri prvem pristopu določimo prag primernosti, npr, vse celice z vrednostjo najmanj 200 so primerne za novo poselitev, ostale pa niso. Dobimo Boolovo podobo možnih zemljišč.

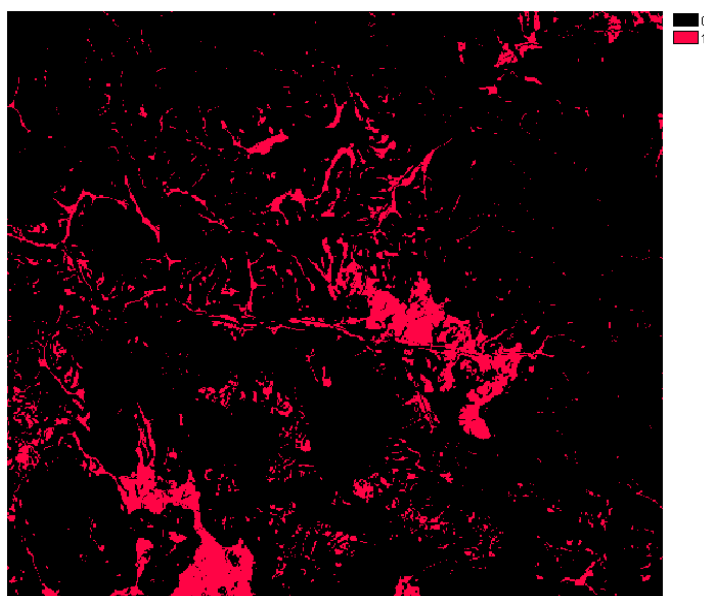
Pri drugem pristopu tudi določimo prag, ki ga določa skupna velikost zemljišča. Mrežne celice razvrstimo glede na stopnjo primernosti ter jih nato izbiramo glede na njihove primernosti dokler ne dobimo zahtevane velikosti zemljišča. Za novo poselitev potrebujemo 10 hektarjev zemlje. Vse celice razvrstimo ter izbiramo najboljše dokler ne dosežemo zahtevane velikosti, v tem primeru 10 ha. Prav tako dobimo Boolovo podobo zemljišč.

Oba praga štejem kot dodatni omejitvi, kateri omejujeta končni podobi na primerna območja. Tudi tukaj moramo po izbiri poskrbeti še za zaključenost in velikost zemljišč. To storimo po izdelavi Boolove podobe.

3.6.2.1 Prag primernosti

Prag primernosti lahko izberemo poljubno ali pa ga izberemo glede na vrednosti posameznega faktorja. Že med prevrednotenjem faktorjev v zvezno lestvico bi lahko določili prag primernosti. Lahko predpostavimo, da je vrednost 200 v smislu primernosti ustrezna, medtem ko so vrednosti pod 200 vprašljive (kot primerne vzamemo 22 % najbolj primernih zemljišč). Uporabimo rezultat uravnotežene linearne kombinacije VKV_ULK (slika 3.40).

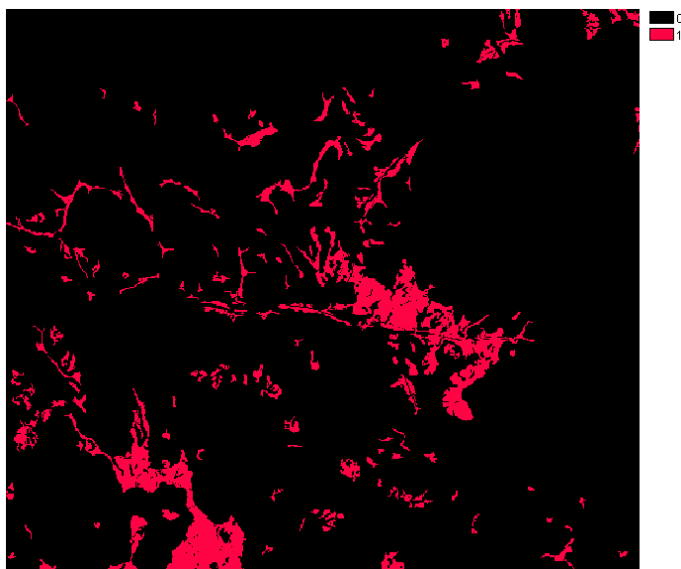
Z modulom *RECLASS* in vhodno datoteko VKVULK reklasificiramo omenjeno podobo. Vrednosti pod 200 dobijo novo vrednost 0, vrednosti nad 200 pa vrednost 1. Rezultat, Boolovo podobo vseh možnih zemljišč za novo poselitev (PRIM200) prikazuje slika 3.61.



Slika 3.61: Primerne površine za poselitev (PRIM200)

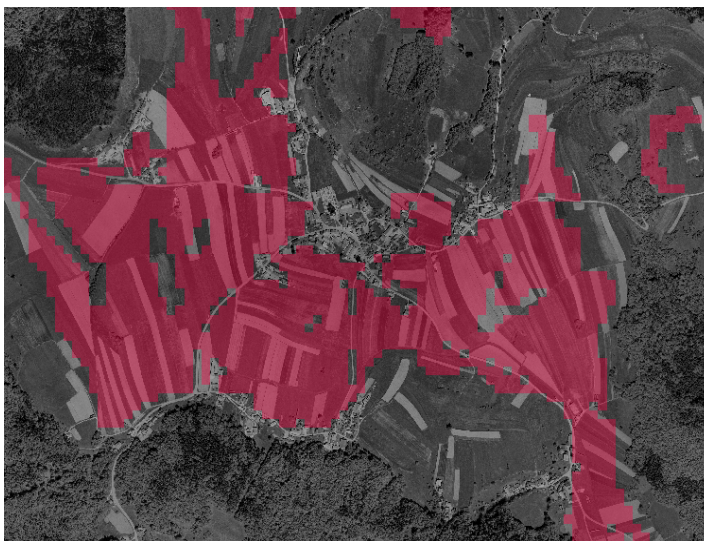
Rezultat je Boolova podoba za novo poselitev in je zelo razdrobljena. Vključimo omejitev, da morajo biti zemljišča velika najmanj 1 hektar. Na podoben način kot zgoraj najprej združimo

zemljišča, izračunamo površino, reklasificiramo (nad 1 ha) ter dobimo naslednjo podobo (PRIM200VELIKOST1).



Slika 3.62: Primerne površine za poselitev, prag primernosti 200, velikost nad 1 ha
(PRIM200VELIKOST1)

Glede na prag primernosti 200 ter velikost najmanj 1 ha je skoraj 1180 ha primernih zemljišč. S primerjanjem zgornje podobe (slika 3.62) z digitalnim ortofotom lahko sklepamo naslednje. Pri izdelavi podobe z linearno uravnoteženo kombinacijo imata naklon ter ceste največje uteži, zato se ju tudi najbolj upošteva pri končni podobi. Opazimo lahko, da so na spodnji sliki (slika 3.63) primerna območja blizu cest ter na ravnem terenu. Ker ima faktor rabe tal majhno utež, so primerna območja tudi na obdelovalni zemlji. Tako so ostali faktorji pretehtali faktor rabe tal. Faktor oddaljenosti od mesta je zanemarljiv, ker je naselje že zelo daleč od središča mesta Trebnje.



Slika 3.63: Detajlni prikaz območja za prag primernosti 200 ter velikost najmanj 20 ha

3.6.2.2 Iterativna analiza z uporabo orodja Macro

Pri izbiri zemljišča z uporabo orodja Macro pridemo do sprejemljive končne rešitve na iterativen način. Ponavljamo isti niz operacij, spreminjamo samo en parameter.

Macro uporabi množico različnih modulov, ki smo jih že spoznali. Ustvari dve podobi. Na prvi so prikazana zemljišča z enoličnim identifikatorjem, druga podoba pa prikazuje zemljišča z uporabo izvornih vrednosti zvezne primernosti. Prvi podatkovni sloj uporabi *Macro* kot datoteko definicij pojavov za pridobitev statistike o zemljiščih. Ime druge podobe določamo sami z vpisom v ukazni vrstici. Rezultat makra so tudi statistični podatki o vsakem izbranem zemljišču (srednja vrednost primernosti, obseg intervala vrednosti, standardno deviacijo vrednosti in površino v hektarjih).

V definicijski datoteki makra so vsebovani tudi znaki % x. Ti znaki predstavljajo podatke, ki jih določamo sami. Z *Macrom* dobimo rezultate hitro, prednost je tudi enostavno urejanje parametrov.

Makro datoteko zaženemo s ukazom *Run Macro* (*File* → *Run Macro*). V ukazno vrstico vnesemo parametre kot npr: VKVULK 200 20 PRIM200VELIKOST1.

Ti parametri sporočajo makru, naj analizira podobo VKVULK (slika 3.40), na kateri izbere vse celice z vrednostjo najmanj 200 ter poišče vse zaključene površine velikosti najmanj 1 hektar. Izhodna datoteka se imenuje PRIM200VELIKOST1 (slika 3.65). Rezultat sta dve izhodni podobi in dve preglednici.

Za vsako od ustvarjenih izbranih območij (id območja) nam Idrisi poda statistične podatke, minimum (prag primernosti), maksimum, število celic v izbranem območju, povprečje, standardno deviacijo (preglednica 3.6).

Preglednica 3.6: Statistični podatki območij

ID	Minimum	Maximum	Total	Average	Range	Population_SD	Sample_SD
0	0	245	3.038022E7	126.3826	245	51.84392	51.84403
4	200	211	3893	204.8947	11	3.177134	3.264195
5	200	215	12917	208.3387	15	3.971445	4.003865
8	200	212	31964	203.5924	12	3.047303	3.057055
9	200	205	12271	201.1639	5	1.104096	1.113258

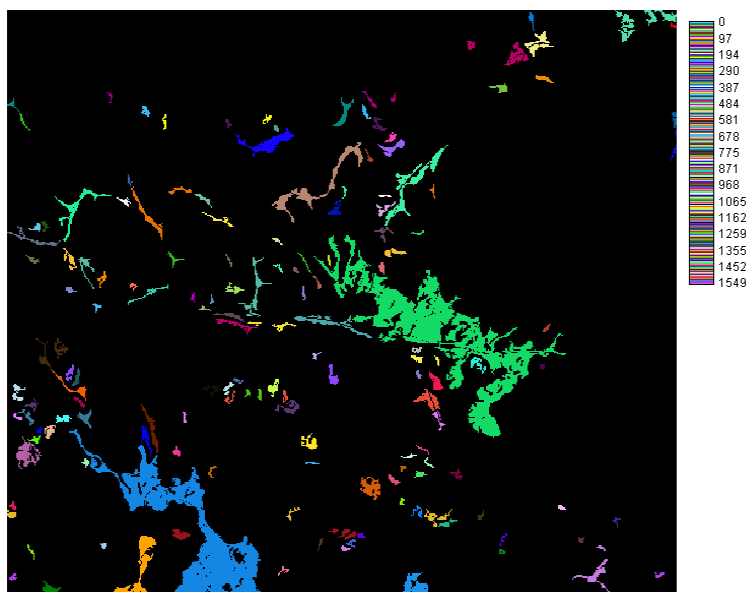
Druga preglednica 3.7 nam prikazuje površino posameznih območij v ha:

Preglednica 3.7: Podatki o velikosti območij

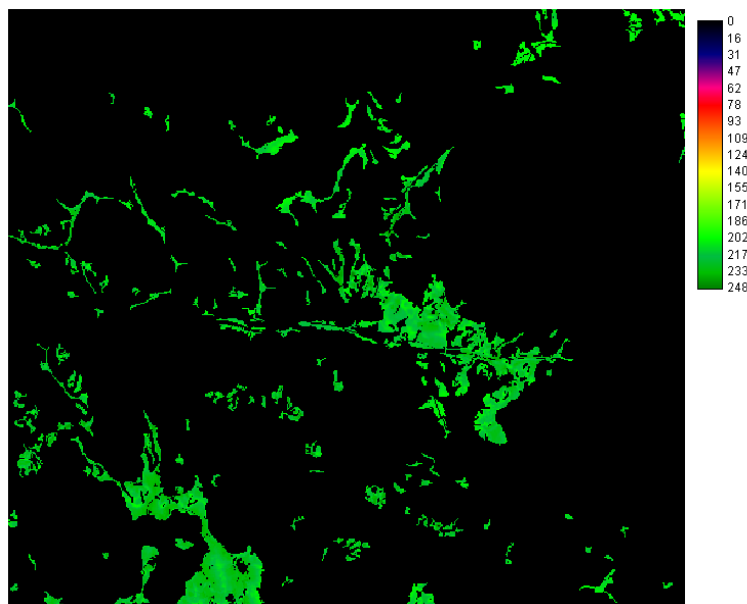
Category	Hectares
0	15023.9375000
4	1.1875000
5	3.8750000
8	9.8125000
9	3.8125000

Ker so prvotne preglednice zelo obsežne (veliko število izbranih območij), prikazujeta preglednici 3.6 in 3.7 podatke o le nekaj izbranih območjih.

V nadaljevanju je prikazana tudi podoba z identifikatorji območij (slika 3.64), na katero se nanašajo zgornji tabelarni podatki.



Slika 3.64: Identifikatorji območij

Slika 3.65: Zemljišča za poselitev, velikost 1 ha, prag primernosti 200
(PRIM200VELIKOST1)

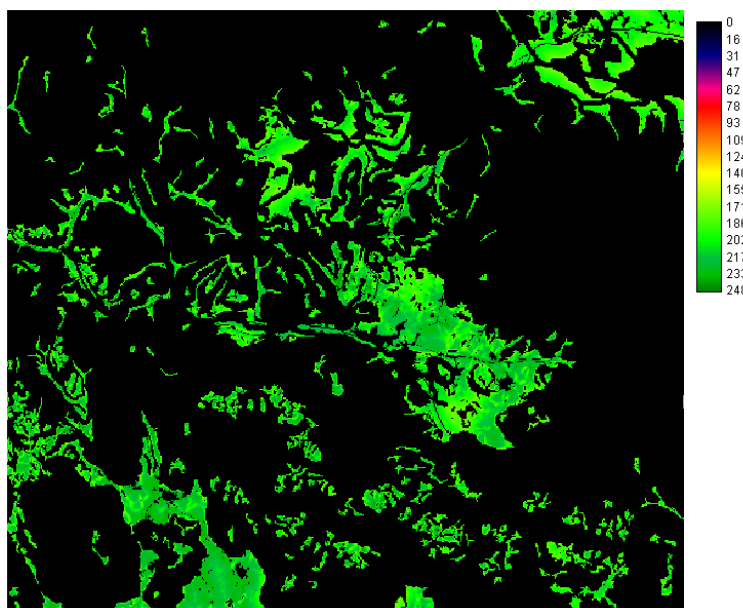
Razlika me ročnim (vse operacije posebej) ter makro izbiranjem zemljišč je, da so zemljišča izbrana za poselitev s pomočjo makra standardizirana z zvezno lestvico primernosti.

Spremenimo parametre ter še enkrat zaženimo makro z pragom primernosti 175 (zgornjih 31 % oz. cca 2/3) z ukazom:

```
VKV_ULK 175 1 PRIM175VELIKOST1
```

Dobimo podobo zemljišč za poselitev velikosti najmanj 1 ha, ter pragom primernosti najmanj 175 (slika 3.66).

Če zmanjšujemo prag primernosti, je čedalje več zemljišč izbranih za poselitev. Če še zmanjšujemo prag primernosti (pod 150), je število zemljišč že tako veliko da, med njimi težko izberemo ustrezna.



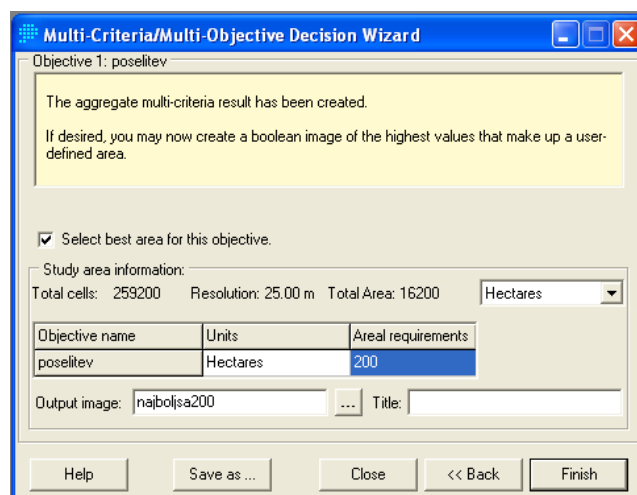
Slika 3.66: Zemljišča za poselitev, velikost 1 ha, prag primernosti 175 (PRIM175VELIKOST1)

Lahko tudi zmanjšamo velikost zemljišč na minimalno 0,5 ha, tudi tako dobimo izbranih več zemljišč.

3.6.2.3 Določitev praga skupne površine

Območja lahko izberemo iz podobe primernosti površin za poselitev z rangiranjem vseh lokacij (vrednosti) v smislu primernosti, nato pa izberemo najvišje rangirane lokacije izbrane velikosti (npr. 200 ha). Rezultat je Boolova podoba. To lahko storimo z moduloma *RANK* in *RECLASS*, ki sta vključena tudi v čarovnika za podporo pri odločitvah.

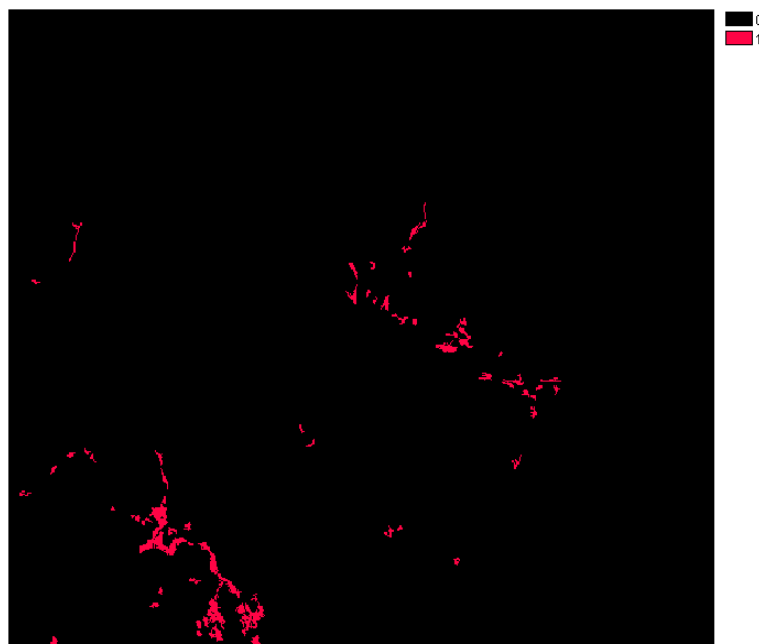
V čarovniku za podporo pri odločitvah izberemo že ustvarjeno datoteko uravnotežene linearne kombinacije faktorjev (ULK), s katero smo ustvarili podobo uravnotežene linearne kombinacije (slika 3.40). Potrdimo vse korake, dokler ne pridemo do izbire najboljših območij.



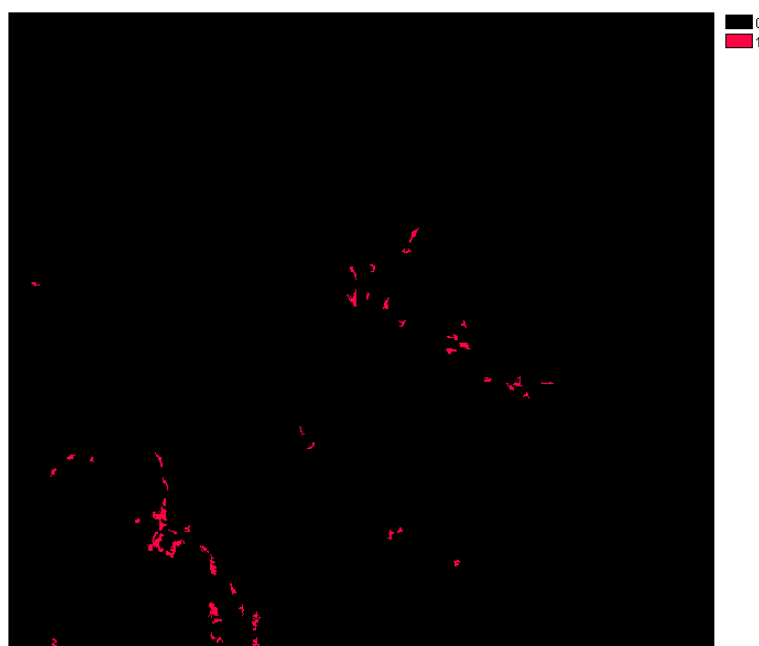
Slika 3.67: Izbira 200 ha najboljših zemljišč za poselitev

V zgornjem pogovornem oknu (slika 3.67) si izberemo enote, v katerih bo prikazana podoba, ter zahtevano površino. S tem dobimo podobi najboljših 200 (slika 3.68) ter 100 ha (slika 3.69) za poselitev. Ker so na podobah prikazana zelo razdrobljena ter majhna zemljišča, jih moramo še združiti v zaključena zemljišča. To storimo z modulom *GROUP*. Poženemo še ukaz *AREA*, da dobimo podobo v površinskih enotah ha, ter podobo nato zmnožimo s prvotno podobo.

Rezultata zgornjih operacij:

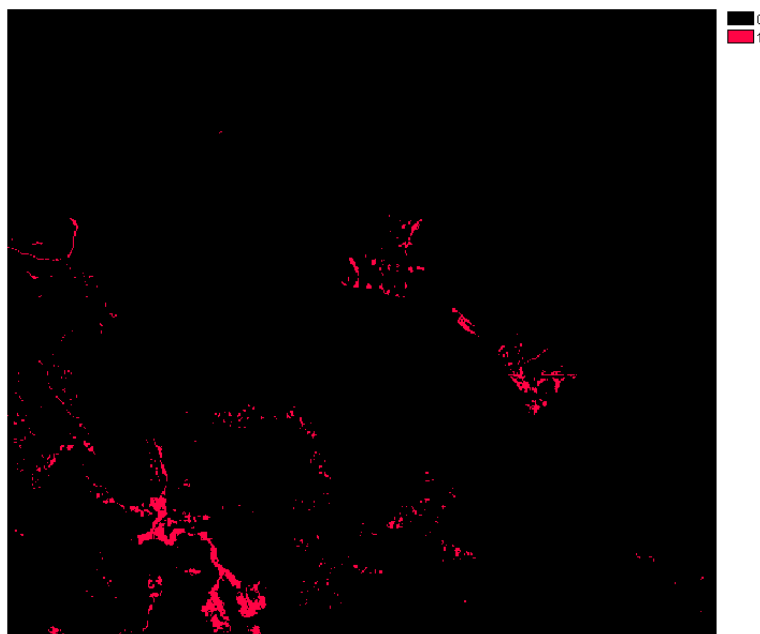


Slika 3.68: Najboljših 200 ha za poselitev v primeru uravnotežene linearne kombinacije
(NAJBOLJSA200KONCNA)



Slika 3.69: Najboljših 100 ha za poselitev v primeru uravnotežene linearne kombinacije
(NAJBOLJSA100KONCNA)

Isti postopek izvedemo še za podobo VKVKONCNA (slika 3.58). Ko pridemo do konca, zahtevamo izbiro najboljših 200 hektarjev. Rezultat prikazuje slika 3.70.



Slika 3.70: Podoba najboljših 200 ha v primeru ločenega obravnavanja stroškovnih faktorjev ter faktorjev okolja (NAJBOLJSA200VKVKONCNA)

Do sedaj smo obravnavali območje, kjer smo se osredotočili na en cilj - poselitev. V nadaljevanju bomo pa bomo poskušali zadostiti več ciljem.

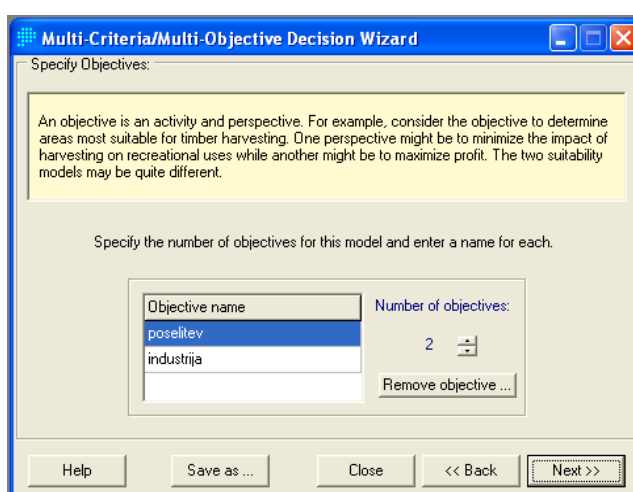
3.7 Večkriterijsko vrednotenje pri več ciljih

Prostorsko planiranje večkrat narekuje izpolnitev več ciljem. Za vsak cilj izdelamo karto primernosti. Cilji so lahko med seboj skladni, lahko pa so nasprotujoči.

Podobo primernosti za določen cilj obravnavamo kot faktor in tako nadaljujemo našo analizo večkriterijskega vrednotenja. V primeru, ko je lokacija primerna za več konkurenčnih ali nasprotujočih si ciljev, se moramo odločiti, kateremu naj ta lokacija pripada. Za take situacije v programu Idrisi skrbi modul *MOLA (Multi Objective Land Allocation)*. Lokacijo dodeli ciljem na osnovi praga skupne površine. Istočasno rešuje vprašanje območij, ki ustrezajo nasprotujočim si ciljem tako da izbere najboljšo skupno rešitev za vse cilje.

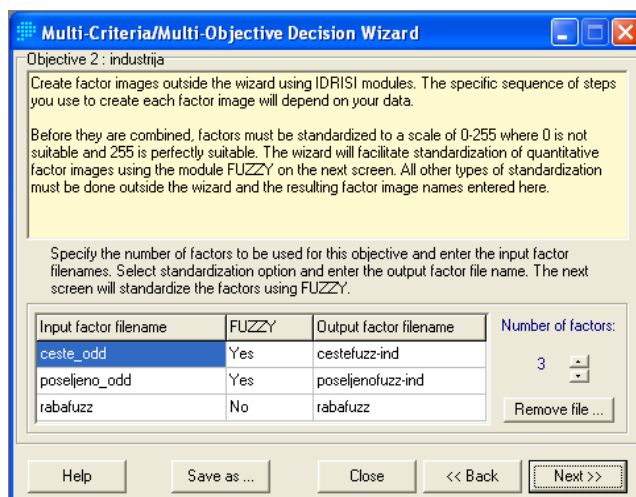
V našem primeru (okolica mesta Trebnje) bomo poiskali primerna zemljišča za dva konkurenčna cilja, novo poselitev ter industrijo. V vlogi prostorskega planerja bomo poiskali 100 ha zemljišč za novo poselitev, ter 35 ha zemljišč za širitev industrije. Kot osnovno podobo primernosti zemljišč za novo poselitev bomo uporabili predhodni rezultat VKVKONCNA (slika 3.58).

Spet odpremo čarovnika za pomoč pri GIS odločitvah. Razlika od prejšnjih analiz je v tem, da tukaj dodamo poleg poselitve še en cilj – industrijo (slika 3.71).



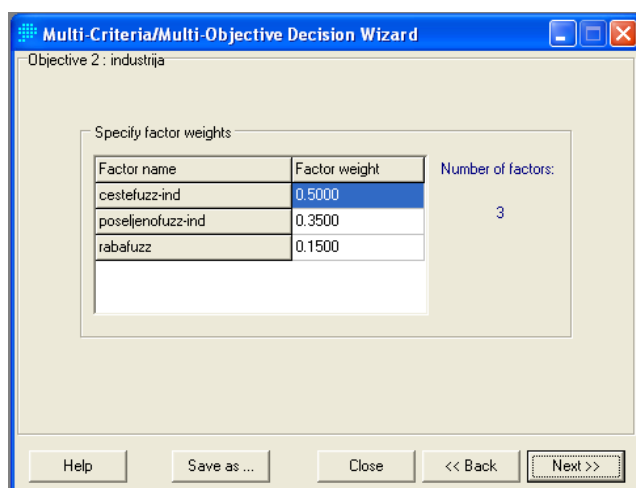
Slika 3.71: Izbira ciljev pri več ciljnem problemu

Vsebina datoteke čarovnika za novo poselitev je že poznana. Nadaljujemo dokler ne pridemo do že znanega pogovornega okna, izbere najboljših zemljišč za prvi cilj - novo poselitev. Tukaj vstavimo 100 ha ter vpišemo ime izhodne datoteke. Nadaljujemo delo s čarovnikom za drugi cilj – industrijo.



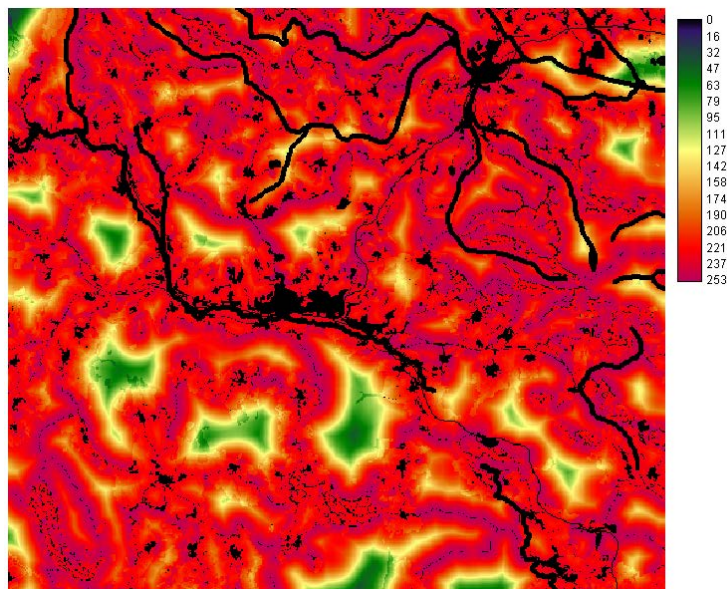
Slika 3.72: Dodajanje faktorjev pri drugem cilju - industriji

Slika 3.72 prikazuje dodajanje faktorjev za industrijo. Ti faktorji so oddaljenost od cest, poseljenih površin ter faktor rabe tal. Prva dva faktorja prevrednotimo v zvezno lestvico primernosti na že opisan način.



Slika 3.73: Določanje uteži za drugi cilj - industrijo

Določimo, da ima največ vpliva na končno podobo oddaljenost od cest, torej ima največjo utež (slika 3.73). Najmanj vpliva pa ima faktor rabe tal. Slika 3.74 prikazuje rezultat, podobo primernosti zemljišč za industrijo (INDUSTRIJA).



Slika 3.74: Podoba primernosti površin za industrijo (INDUSTRIJA)

Vidimo, da je za industrijo primernih veliko več površin kot za poselitev. Tak rezultat smo lahko pričakovali, saj pri izdelavi podobe nismo vključili faktorja naklona, oddaljenosti od vod, ter faktorja oddaljenosti od mestnega središča.

Pridemo do izbire najboljših zemljišč za širitev industrije, vstavimo 35 ha in določimo ime izhodne datoteke.

Z modulom CROSSTAB določimo, kje bi lahko prišlo do konflikta, če bi oba cilja obravnavali ločeno. Izdelamo podobo križne klasifikacije (cross-classification image) imenovano KONFLIKT (slika 3.75).



Slika 3.75: Konfliktna območja (KONFLIKT)

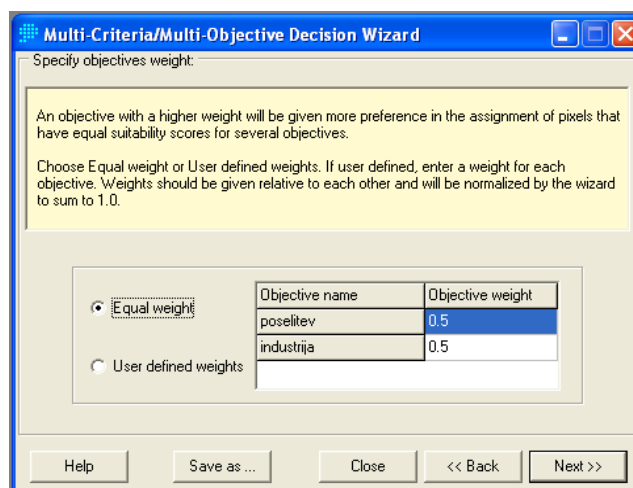
Legenda:

- rdeča barva - površine, dodeljene nobenemu od ciljev
- bela barva - površine, dodeljene novi poselitvi
- zelena barva - površine, hkrati dodeljene novi poselitvi kot tudi širitvi industrije

Podoba konfliktnih območij (slika 3.75) prikazuje nastali problem, ko imamo nasprotujoče si in konkurenčne cilje. Lahko enemu od ciljev damo prednost pred drugim s tem, da bi uporabili podobo najboljših 100 ha za poselitev kot omejitev (masko) pri izbiri površin za širitev industrije. Bolj kot takšen primer pa se uporablja kompromisna rešitev, ki daje najboljši rezultat glede na celotno situacijo ter ne daje prednosti enemu od ciljev. Kompromisno rešitev uporablja tudi modul MOLA.

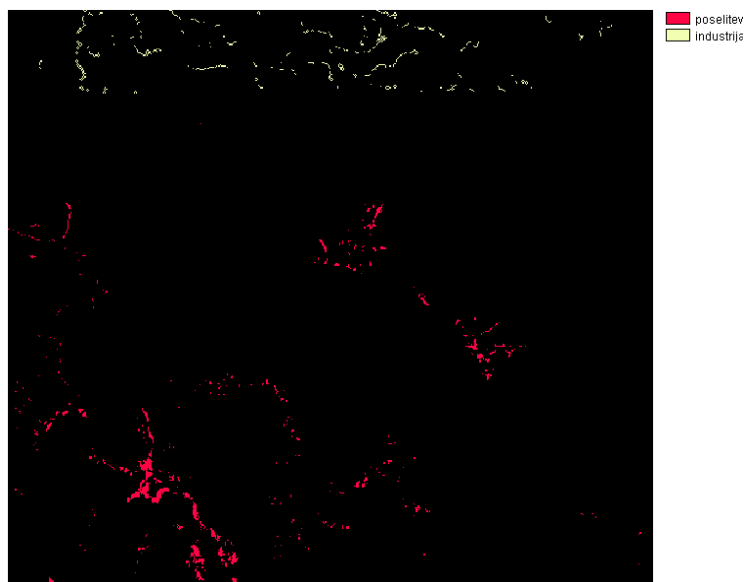
Lahko se zgodi, da ima podatkovna celica enako stopnjo primernosti za oba cilja. Imamo dve rešitvi: uvedemo naključno rangiranje ali pa pregledamo vrednosti vprašljivih celic na drugi podobi. Uporabili bomo drugo rešitev. Kot osnovo za odpravo enakosti vzamemo karto primernosti industrije. Višji rang dodelimo celicam, ki so manj primerne za širitev industrije. Kot primer lahko rečemo, da sta dve celici enako primerni za novo poselitev. Vzemimo najprej tisto, ki je manj primerna za industrijo. Druga celica dejansko ostane za industrijo.

Tudi tukaj lahko določimo uteži na ta način, da damo večjo utež pomembnejšemu cilju. V našem primeru damo obema ciljema enake uteži (slika 3.76).



Slika 3.76: Določanje uteži za posamezen cilj

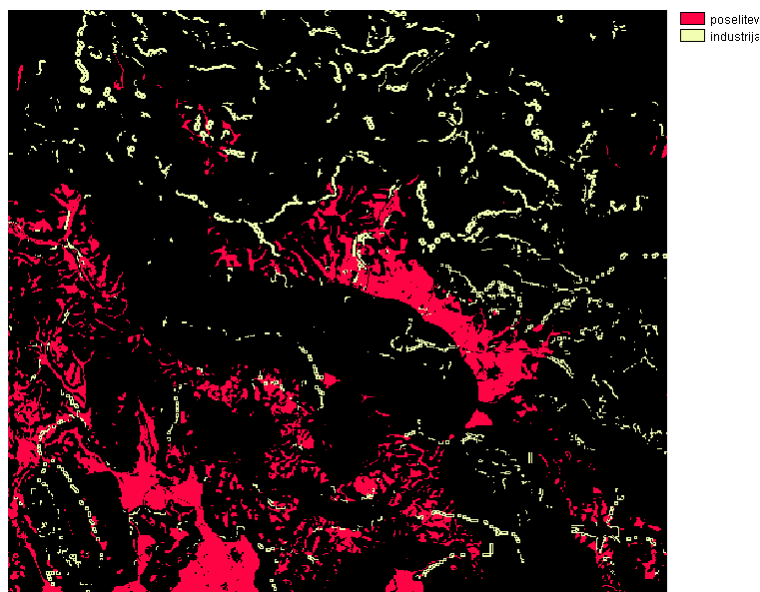
V nadaljevanju lahko določimo zahtevane površine obeh ciljev ter ime končne datoteke (MOLAKONČNA).



Slika 3.77: Rezultat dodelitve zemljišč več ciljem (MOLAKONČNA)

Na podobi vidimo, da so zemljišča za poselitev ločena od zemljišč, primernih za industrijo. Očitno so najboljša zemljišča za industrijo v zahtevani površini (35 ha) na severu testnega

območja. Če bi potrebovali večje površine za poselitev in tudi industrijo, pa bi opazili da zemljišča ne bi bila tako oddaljena drug od drugega; spodaj je primer rezultata, ki bolj nazorno prikazuje povpraševanje po 1600 ha površin za poselitev ter 600 ha površin za industrijo.



Slika 3.78: Rezultat dodelitve zemljišč več ciljem – večje površine

Zraven podobe (slika 3.77) dobimo tudi preglednico, ki prikazuje v koliko iteracijah se je izvršila izbira zemljišč – v eni iteracijah, ter koliko celic je bilo izbranih v posamezni iteraciji. Za kontrolo lahko z ukazom AREA tudi preverimo, če je modul MOLA izbral pravilne površine za industrijo ter poselitev in dobimo preglednico 3.8.

Preglednica 3.8: Površina posameznega cilja (v ha)

Category	Hectares	Legend
0	16065.0000000	
1	100.0000000	poselitev
2	35.0000000	industrija

Modul MOLA ponuja različne rešitve. Drugačne rezultate dobimo, če spremenimo vrednosti kontrolnih točk pri faktorjih, če spremenimo ali dodamo omejitve, spremenimo zahteve glede površin. Modul MOLA lahko rešuje tudi do 20 ciljev hkrati.

4 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo prikazali, kako lahko tehnologijo GIS ter postopke večkriterijskega vrednotenja koristno uporabimo pri prostorskem planiranju. Kot pri vsakem planiranju moramo najprej definirati problem. V našem primeru je bila naloga umestitev poselitve ter industrije v širše območje mesta Trebnje. Zelo pomemben korak je opredelitev kriterijev ter omejitev. Diplomsko delo je namenjeno le prikazu uporabe postopkov večkriterijskega vrednotenja. Vrednosti pri omejitvah in faktorjih so izmišljene in prirejene za prikaz posameznih postopkov.

Na rezultat omejitev zelo vpliva tudi kakovost vhodnih podatkov. Če so podatki premalo natančni oz. niso skladni, jih ne moremo uporabiti, ker ne dobimo dovolj dobrih rezultatov.

Prikazali smo posamezne načine, kako iz obstoječega stanja pridobimo želeno rešitev. Opisali smo več načinov združevanja kriterijev ter omejitev. Algoritemsko najbolj enostaven način združevanja podob je Boolov pristop. Preprosto zmnožimo podatkovne sloje (kriterije in omejitve) ter dobimo končni rezultat. Območja so lahko primerna ali neprimerna. Območja so primerna takrat, ko imajo na določeni celici vsi faktorji vrednost 1.

V primeru uravnotežene linearne kombinacije prevrednotimo faktorje v lestvico primernosti od 0 – 255. Poznati moramo vedenje vrednosti faktorjev ter jih opisati z določeno matematično funkcijo. Tukaj smo posameznemu faktorju določili tudi pomembnost glede na ostale faktorje ter tako posredno izpeljali uteži. S tem smo določili preference določenih faktorjev. Rezultat je ovrednoten z lestvico od neprimernih (0) do najbolj primernih območij (255) za posamezen cilj. To je tudi prednost metode uravnotežene linearne kombinacije v primerjavi z Boolovo metodo. Utežena linearna kombinacija spada zato med bolj primerne metode za reševanje prostorske problematike.

V nadaljevanju smo uteženo linearno kombinacijo razširili še v smislu razvrstilnih uteži. Pri tej metodi poleg običajnih uteži določamo še razvrstilne uteži. Te nam omogočajo nadzorovanje stopnje tveganja ter uravnoteženja. Preizkušali smo razne kombinacije uteži ter

dobili podobne rezultate kot v prejšnjih primerih. Zaradi same narave faktorjev smo obravnavali ločeno faktorje okolja ter stroškovne faktorje.

Dobro orodje pri večkriterijskem vrednotenju je tudi orodje za izbiro najboljših območij za določen cilj. Za izbiro območij je zelo uporabna tudi makro datoteka, ki združuje vse module za izbiro najboljših zemljišč.

Večkriterijsko vrednotenje je orodje, ki je lahko zelo uporabno pri prostorskem planiranju. Z njim lahko zadostimo tudi več ciljem. V našem primeru sta bila to konkurenčni si dejavnosti: poselitev in industrija. A ne pozabimo: večkriterijsko vrednotenje, ki je predstavljeno v tem delu, je lahko le v pomoč pri prostorskem planiranju. Ni nujno, da dobimo optimalne rešitve. Potrebne so obsežne študije ranljivosti območij, varovanja okolja, prisluhni je treba velikemu številu vključenih subjektov. Lahko pa so tovrstne analize zelo v pomoč prostorskim planerjem pri reševanju problematike.

VIRI

Uporabljeni viri

Bobnar, S. 2005. Prireditev priročnika za vaje iz naprednih prostorskih analiz v GIS-orodju ArcGIS: Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 114 – 116 .

Eastman, J. R. 2001a. Idrisi32 Release 2, Tutorial. Worchester, Clark University, Clark Labs: str. 102 – 132.

Eastman, J. R. 2001b. Idrisi32 Release 2, Guide to GIS and Image Procesing, Volume 2. Worchester, Clark University, Clark Labs: str 134.

Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York, University of Western Ontario, Department of Geography: str. 3 – 181.

Mlinar, J., Grilc, M. 2005. Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture,
http://www.lgd.si/zgodovina/2005/geodan05/prezentacije/2-4_mlinar.pdf (10.11.2005).

Šumrada, R. 2005a. Strukture podatkov in prostorske analize. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str 157 – 230.

Zakon o javnih cestah (ZJC). Uradni list RS 29/1997: 1642.

Zakon o varnosti v železniškem prometu (ZVZP-UPB1). Uradni list RS 102/2004: 4401.

Zakon o vodah (ZV – 1). Uradni list RS 67/2002: 3237.

Ostali viri

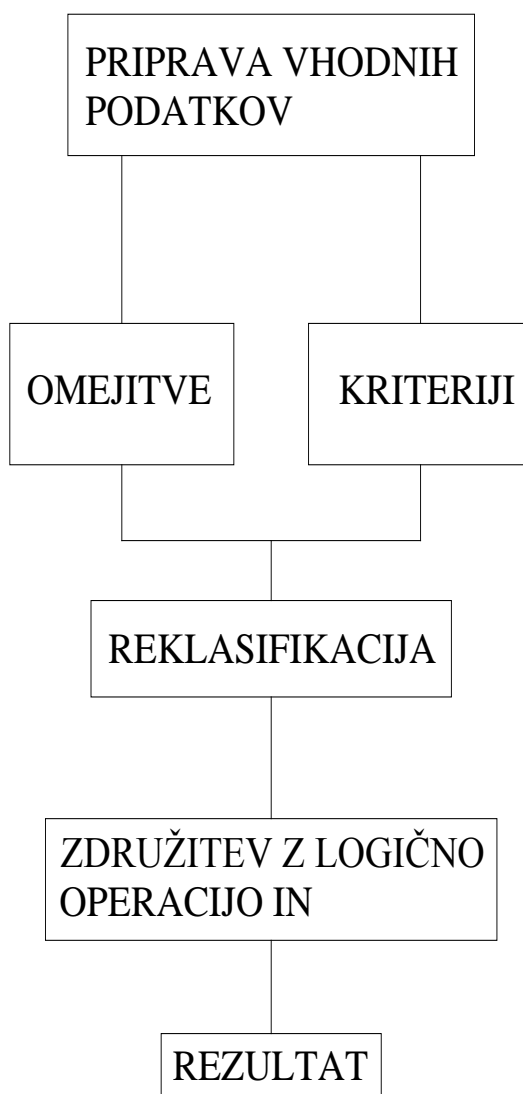
Drobne, S., Bogatin, S. 2004. Strukture in analize prostorskih podatkov: Vaje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 81 str.

Šumrada, R. 2005b. Tehnologija GIS. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 330 str.

Vidiček, M. 2005. Prireditev priročnika za vaje iz naprednih prostorskih analiz v GIS – orodju Idrisi, Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 118 str.

PRILOGE

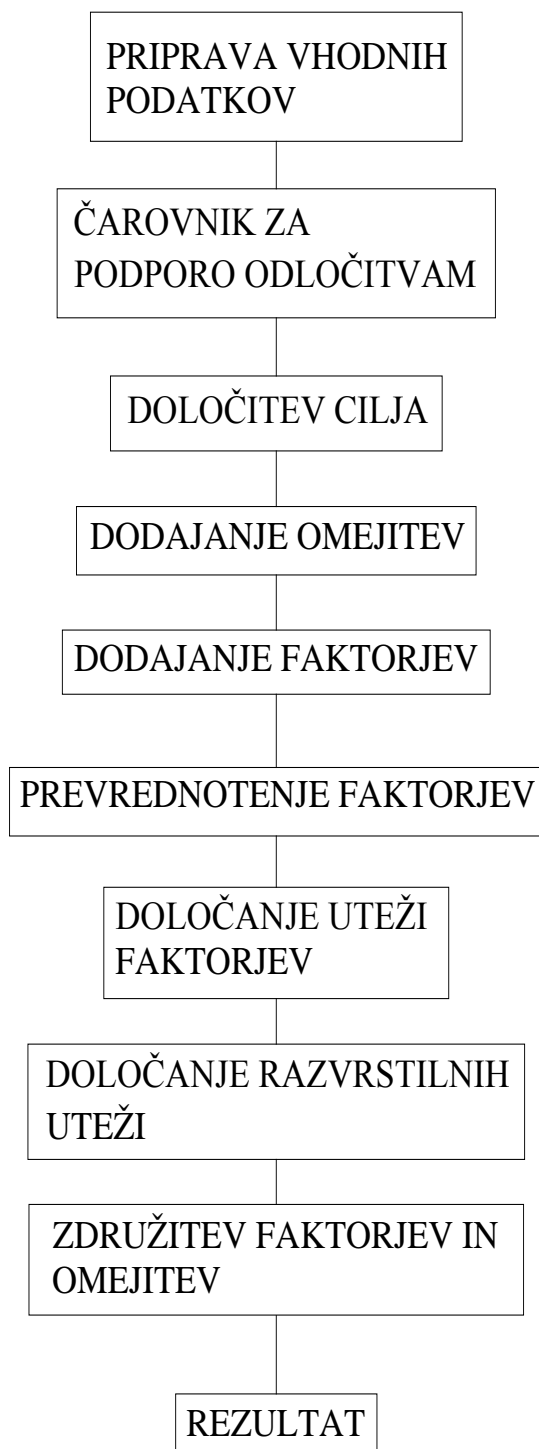
PRILOGA A: Diagram poteka Boolove metode združevanja faktorjev in omejitev



PRILOGA B: Diagram poteka utežene linearne kombinacije



PRILOGA C: Diagram poteka razvrstilnega uteženega povprečenja



PRILOGA D: Diagram poteka večkriterijskega vrednotenja pri več ciljih

