UNIVERZA V LJUBLJANI - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Interdisciplinarni podiplomski študij prostorskega in urbanističnega planiranja

Številka: 48 / 2001
Datum: 26. 6. 2001

MAGISTRSKA NALOGA

št. 48

Kandidat: **Andrej Kobler, univ. dipl. inž. gozd.**

Naslov naloge: **Sprejemljivost zaraščanja kot funkcija kakovosti kulturne krajine: prostorski model**

Mentor:
prof.dr. Andrej Pogačnik

Somentor:
prof.dr. Milan Hočevar

Član komisije:
doc.dr. Anton Prosen

Predstojnik IPŠPUP:
prof.dr. Andrej Pogačnik

Izjava o avtorstvu

Podpisani Andrej Kobler izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom: Sprejemljivost zaraščanja kot funkcija kakovosti kulturne krajine: prostorski model.

Ljubljana, 14. maja 2001

Sprejemljivost zaraščanja kot funkcija kakovosti kulturne krajine: prostorski model

Ključne besede: Vizualnoestetsko vrednotenje krajine, GIS, kulturna krajina, zaraščanje, modeliranje, daljinsko zaznavanje, Landsat TM, klasifikacija, Notranjska, Primorska

Povzetek: Izdelali smo kvantitativni prostorski model za vrednotenje vizualnoestetskega vidika kulturne krajine za del Notranjske in Primorske, ki kot glavni vhodni spremenljivki upošteva potek gozdnega roba ter zaraščanje opuščenih kmetijskih površin z gozdom. Model je namenjen velikopovršinskim obravnavam v regionalnem merilu in kot orodje za usmerjanje podrobnejših krajinskih analiz na problematična območja. Model je sinteza ekspertnega (vnaprejšnja opredelitev kriterijev vrednotenja na podlagi strokovne presoje) in statističnega pristopa (regresijski model, ki pojasnjuje že obstoječe vrednotenje drugih avtorjev s fizičnimi kazalniki, zajetimi v GIS). Podatke o zaraščanju smo pridobili s primerjavo arhivskih kart gozda in karte današnjega gozdnega roba. Slednjo smo izdelali z numerično interpretacijo satelitske slike Landsat TM, pri čemer smo uporabili kombinacijo nenadzorovane in vodene klasifikacije z odločitvenimi drevesi. Odločitvena drevesa smo pripravili s strojnim učenjem na podlagi baze podatkov CORINE Land Cover. Model za vrednotenje vizualnoestetskega vidika krajine smo uporabili za opredelitev območja prednostne zaščite pred zaraščanjem.

Acceptability of Spontaneous Afforestation with Forest as a Function of Landscape Quality: a Spatial Model

Key Words: Visual – aesthetic landscape assessment, GIS, cultural landscape, spontaneous afforestation, modeling, remote sensing, Landsat TM, classification, Notranjska region, Primorska region

Summary: A quantitative spatial model was made for visual – aesthetic assessment of cultural landscape in parts of Notranjska and Primorska regions. The main input variables were spatial patterns of forest edge and spontaneous afforestation of abandoned farmland. The model is intended for regional-scale analyses and as a tool for focusing more detailed assessment to particular problem areas. The model combines the expert approach (a priori definition of assessment criteria based on expert opinion) with a statistical approach (a regression model, explaining existing assessment of other authors with GIS-based physical landscape indices). The map of spontaneous afforestation was made by intersecting legacy forest map with an up-to-date forest edge map. The latter was made by numerical

interpretation of a Landsat TM satellite image, where unsupervised classification was combined with decision tree based classification. The decision trees were generated by machine learning with the CORINE Land Cover database representing the target classes. The visual – aesthetic assessment model was used for defining areas of preferential protection against spontaneous afforestation.

1 KAZALO

1 Kazalo ... 4
2 Seznam slik ... 6
3 Seznam preglednic ... 9
4 Seznam grafov ... 11
5 Seznam dodatkov ... 12
6 Uvod in opredelitev ključnih problemov ... 13
7 Raziskovalna hipoteza in cilji naloge ... 18
8 Pregled literature ... 20
8.1 Vizualno – estetska valorizacija krajine ... 20
8.2 GIS in prostorska analiza ... 42
8.3 Daljinsko zaznavanje naravnega okolja in digitalna obdelava slik ... 45
9 Študijsko območje ... 55
10 Metoda dela ... 59
10.1 Uvod ... 59
10.2 Inventura zaraščanja v obdobju 1975 - 1995 ... 60
10.2.1 Priprava karte gozda za leto 1975 ... 60
10.2.2 Priprava karte gozda za leto 1995 ... 61
10.2.2.1 Vhodni podatki ... 64
10.2.2.2 Radiometrična korekcija satelitskega posnetka ... 65
10.2.2.3 Klasifikacija satelitskega posnetka ... 65
10.2.2.4 Kontrola točnosti rezultatov ... 70
10.2.3 Zaraščanje v obdobju 1975 - 1995 ... 77
10.3 Napoved prihodnjega zaraščanja ... 79
10.4 Modeliranje vizualne kvalitete krajine ... 85
10.4.1 Vplivi na vizualno-estetsko kvaliteto krajine ... 86
10.4.1.1 Relief ... 86
10.4.1.1.1 Vidni horizonti ... 87
10.4.1.1.2 Razgibanost oz. tip reliefa ... 88
10.4.1.1.3 Gore kot scensko ozadje ... 89
10.4.1.1.4 Vidna površina reliefa ... 89
10.4.1.2 Vegetacija ... 89

10.4.1.2.1 Razčlenjenost gozdnega roba ... 90
10.4.1.2.2 Gozd kot scensko ozadje ... 90
10.4.1.2.3 Vidnost zaraščanja ... 91
10.4.1.2.4 Vidnost gozdnih enklav ... 92
10.4.1.3 Vode ... 92
10.4.1.4 Arhitektura ... 92
10.4.1.5 Kompozicija ... 93
10.4.1.5.1 Razgibanost reliefa ... 94
10.4.1.5.2 Pestrost vegetacijskih oblik ... 95
10.4.1.5.3 Simbolni pomen naravnih prvin ... 95
10.4.1.6 Antropogeni degradacijski vpliv ... 96
10.4.2 Ekspertni model ... 97
10.4.3 Statistični model ... 107
10.5 Uporaba modela za ocenjevanje sprejemljivosti zaraščanja ... 109
11 Rezultati ... 111
11.1 Inventura in prognoza zaraščanja ... 111
11.1.1 Karta gozda 1975 ... 111
11.1.2 Karta gozda 1995 ... 112
11.1.3 Inventura zaraščanja v obdobju 1975 - 1995 ... 117
11.1.4 Regresijski model zaraščanja in prognoza zaraščanja ... 125
11.2 GIS model vizualno – estetskega vidika krajine ... 130
11.2.1 Vplivi na vizualno kvaliteto krajine ... 130
11.2.2 Rezultati anketiranja ... 144
11.2.3 Ekspertni model ... 150
11.2.4 Statistični model ... 153
11.2.5 Sintezni model ... 156
11.3 Uporaba modela za ocenjevanje sprejemljivosti zaraščanja ... 158
12 Diskusija ... 162
13 Zahvala ... 168
14 Viri ... 169
15 Dodatki ... 178

2 SEZNAM SLIK

Slika 1: Primer enostavnega odločitvenega drevesa 54

Slika 2: Študijsko območje (topografska karta Geodetske uprave RS) 56

Slika 3: Meje upravnih občin v raziskovalnem območju in naravnogeografska razdelitev po Gabrovcu in sod. (1998). 58

Slika 4: Karta gozda za leto 1975 61

Slika 5: Ortorektificirana slika (RGB kompozit slikovnih kanalov 4, 5 in 3) satelita Landsat TM, posneta 26. julija 1995 ob 9:56 64

Slika 6: Potek klasifikacije satelitske slike 66

Slika 7: Stratifikacija študijskega območja za trenažni vzorec 69

Slika 8: Slučajnostni razpored 10 krožnih ploskev (r = 1 km) za zbiranje kontrolnih podatkov 73

Slika 9: Segmentacija satelitskega posnetka – Ploskev 1 (Col nad Ajdovščino) 73

Slika 10: Aeroposnetek Ploskve 1, Col nad Ajdovščino, Ciklično aerosnemanje 25. julija 1995, merilo snemanja 1:17.500, snemalni red 1846, posnetek 155 (GURS 1995) 74

Slika 11: Prepoznani razredi pokrovnosti slikovnih segmentov na satelitskem posnetku; meje med istovrstnimi segmenti so izbrisane 75

Slika 12: Gozdni rob, prepoznan na stereomoparu aeroposnetkov in vnešen na ortorektificiran satelitski posnetek 76

Slika 13: Primer računanja indeksa zaraščanja INDZAR v kvadratnem oknu 5x5 pikslov 81

Slika 14: Primer okroglega okna dimenzije 11x11 za fitriranje rastrske slike. Celice matrike, ki imajo vrednost ponderja različno od 0, se upoštevajo pri izračunu rezultata, ta pa se zapiše v osrednjo celico 82

Slika 15: Ilustracija načina ugotavljanja vertikalnega zornega kota, ki ga zavzema gozd. Vertikalni zorni kot je v prikazanem primeru enak $\alpha_1 + \alpha_2$ 91

Slika 16: Teoretični vzorec – stojišča fotografij in linije vizur 105

Slika 17: Dejanski vzorec – pretežni del pikslov teoretičnega vzorca je bil izločen, ker niso vidni iz stojišč fotografij ali pa ker padejo v gozd. 106

Slika 18: Karta gozda za leto 1995 114

Slika 19: Karta zaraščanja v obdobju 1975 – 1995. 118

Slika 20: Predvidena stopnja zaraščanja v obdobju 1995 – 2015 127

Slika 21: Karta VIDHOR prikazuje del faktorja Relief in sicer povprečno število vidnih horizontov v 8 glavnih smereh za leto 1995. 130

Slika 22: Karta RAZGIBAN prikazuje del faktorja Relief in sicer razgibanost reliefa. Ravninski relief je bele barve, gričevnat in gorat relief pa črne. 131

Slika 23: Karta GORESC prikazuje del faktorja Relief in sicer vpliv gora kot scenskega ozadja (svetle so površine, ki imajo pogled na gore, višje od 1500 m). 132

Slika 24: Karta VIDPOV prikazuje del faktorja Relief in sicer površino vidnega reliefa, ocenjeno na podlagi vidnosti v 8 glavnih smereh. Pri analizi vidnosti je upoštevana poraščenost z gozdom leta 1995. Delitev na razrede je taka, da vsak zavzema približno enako površino. 133

Slika 25: Karta CLENGR prikazuje del faktorja Vegetacija in sicer razčlenjenost gozdnega roba, definirano kot dolžina gozdnega roba (stanje 1995) na površinsko enoto. 134

Slika 26: Karta GOZDSC prikazuje del faktorja Vegetacija in sicer vpliv prisotnosti gozda kot scenskega ozadja. Ta vpliv je merjen kot povprečni vertikalni zorni kot vidnega gozda (upoštevajoč relief in stanje gozda 1995), ocenjen v 8 glavnih smereh iz vsake točke v prostoru. 135

Slika 27: Karta VIDZAR prikazuje del faktorja Vegetacija in sicer odraža vpliv vidnosti in oddaljenosti površin v zaraščanju. 136

Slika 28: Karta VIDGE prikazuje del faktorja Vegetacija in sicer odraža vpliv vidnosti in oddaljenosti gozdnih enklav v kmetijski krajini. 137

Slika 29: Karta VIDVODE prikazuje faktor Vode in sicer odraža vpliv vidnosti in oddaljenosti vodnih teles. 138

Slika 30: Karta ARH prikazuje faktor Arhitektura in sicer odraža vpliv vidnosti in oddaljenosti krajinsko pomembnih arhitekturnih spomenikov. 139

Slika 31: Karta RAZGREL prikazuje del faktorja Kompozicija in sicer odraža vpliv razgibanosti reliefa, ki je izražen kot standardni odklon naklonov terena v lokalni okolici vsake analizirane točke na digitalnem modelu reliefa. 140

Slika 32: Karta PESTVEG prikazuje del faktorja Kompozicija in sicer prikazuje pestrost vegetacijskih oblik, ki je definirana kot število vidnih zaplat gozda v bližnji okolici... 141

Slika 33: Karta SIMBNAR prikazuje del faktorja Kompozicija in sicer prikazuje vpliv simbolnega pomena naravnih prvin. Ta pomen je odvisen od vidnosti in oddaljenosti pomembnih elementov naravne dediščine. 142

Slika 34: Karta ANTRDEG prikazuje faktor Antropogeni degradacijski vplivi. Ti so odvisni od vidnosti in bližine velikih in vizualno motečih objektov. 143

Slika 35: Prva anketa - fotografije, rangirane glede na ocene anketirancev od najlepše (rang 1) do najgrše (rang 63). 146

Slika 36: Druga anketa - fotografije, rangirane glede na ocene anketirancev od najlepše (rang 1) do najgrše (rang 35). 148

Slika 37: Karta vrednotenja vizualno-estetske kvalitete negozdne krajine po ekspertnem modelu. 151

Slika 38: Karta vrednotenja vizualno-estetske kvalitete negozdne krajine po statističnem modelu. 155

Slika 39: Karta vrednotenja vizualno-estetske kvalitete negozdne krajine po sinteznem modelu. 157

Slika 40: Karta VIDAC prikazuje vidno izpostavljenost kulturne krajine glede na avtocesto z upoštevanjem reliefa in oddaljenosti. 158

Slika 41: Karta RANMOD prikazuje ranljivost vizualno – estetske kvalitete kulturne krajine. 159

Slika 42: Karta ZASCMOD prikazuje prednostna območja zaščite pred zaraščanjem. 160

Slika 43: Lokacija najprimernejših 1000 ha, kjer bi bila iz vidika vizualno – estetske kvalitete krajine prednostna zaščita pred zaraščanjem najbolj potrebna (temno zelena so prednostna območja zaščite, svetlo zelen pa je današnji gozd)..... 161

3 SEZNAM PREGLEDNIC

Preglednica 1: Paradigmi proučevanja krajine po Lothianu (1999). 20
Preglednica 2: Elementi percepcije krajine po Kaplanu (1988). 23
Preglednica 3: Kriteriji za oceno pejsažnih kvalitet po USDI – BLM (2000). 38
Preglednica 4: Določanje inventurnih razredov vizualne kvalitete po USDI - BLM. 40
Preglednica 5: Značilnosti nekaterih najpomembnejših satelitov v optičnem in IR delu spektra za raziskave v regionalnem merilu 47
Preglednica 6: Agregacija originalnih CLC razredov (Dodatek 4) v bolj splošne CLC_G razrede referenčne baze podatkov o pokrovnosti 63
Preglednica 7: GIS sloji, vključeni v klasifikacijo pokrovnosti za leto 1995 65
Preglednica 8: Prvi kriterij stratifikacije za trenažni vzorec 68
Preglednica 9: Porazdelitev trenažnega vzorca po stratumih 68
Preglednica 10: Uporabljeni aeroposnetki cikličnega aerosnemanja (GURS) 72
Preglednica 11: Ključ za fotointerpretacijo aeroposnetkov: 72
Preglednica 12: Razredi karte zaraščanja 1975 – 1995 (gl. tudi Slika 19). 78
Preglednica 13: Pojasnjevalne spremenljivke za napovedovanje zaraščanja 84
Preglednica 14: Upoštevani arhitekturni objekti. 93
Preglednica 15: Intenzivnost vpliva glede na objekt in oddaljenost. 96
Preglednica 16: Privzeta višina objektov. 96
Preglednica 17: Intenzivnost vpliva glede na velikost in oddaljenost objekta. 97
Preglednica 18: Valorizacija vplivnih faktorjev oz. njihovih delnih vidikov. 98
Preglednica 19: Določanje ponderjev (W) za vplivne faktorje in (w) za njihove posamične vidike. 101
Preglednica 20: Pregled gozdnatosti in kmetijskih površin po občinah za leto 1975 111
Preglednica 21: Pregled gozdnatosti in kmetijskih površin po naravno-geografskih regijah za leto 1975 112
Preglednica 22: Odločitveni drevesi za sukcesivno reklasifikacijo rezultatov nadzorovane klasifikacije 113
Preglednica 23: Pregled gozdnatosti in kmetijskih površin po občinah za leto 1995 114
Preglednica 24: Pregled gozdnatosti in kmetijskih površin po naravno-geografskih regijah za leto 1995 115
Preglednica 25: Matrika napak za členitev prostora na 4 razrede pokrovnosti 116
Preglednica 26: Matrika napak za členitev prostora na 2 razreda pokrovnosti 116
Preglednica 27: Pregled zaraščanja in gozdnatosti po občinah za obdobje 1975 – 1995 120

Preglednica 28: Pregled zaraščanja in gozdnatosti po naravno-geografskih regijah za obdobje 1975 – 1995 122

Preglednica 29: Korelacijska matrika pojasnjevalnih spremenljivk. Poudarjene so relacije, kjer je koeficient korelacije R med dvema spremenljivkama po absolutni vrednosti večji od 0,50. 125

Preglednica 30: Pregled zaraščanja in gozdnatosti po občinah za obdobje 1995 – 2015 128

Preglednica 31: Pregled zaraščanja in gozdnatosti po regijah za obdobje 1995 – 2015 129

Preglednica 32: Korelacijska matrika vplivnih faktorjev. Poudarjene so relacije, kjer je koeficient korelacije R med dvema faktorjema po absolutni vrednosti večji od 0,50. .. 150

Preglednica 33: Linearna regresija med preferencami po prvi anketi ter vplivnimi faktorji ekspertnega modela. 152

Preglednica 34: Linearna regresija med preferencami po drugi anketi ter vplivnimi faktorji ekspertnega modela. 153

Preglednica 35: Statistični model vrednotenja vizualno-estetske kvalitete kulturne krajine. 153

4 SEZNAM GRAFOV

Graf 1: Spremembe rabe tal / pokrovnosti v obdobju 1975 – 1995. 119

Graf 2: Porazdelitev stopnje zaraslosti v letih 1975 – 1995 po upravnih občinah (gl. tudi Preglednica 27)..... 120

Graf 3: Porazdelitev stopnje zaraslosti v letih 1975 – 1995 po regijah naravno-geografske členitve Slovenije (Gabrovec in sod. 1998); gl. tudi Preglednica 28..... 121

Graf 4: Povezava med izhodiščno gozdnatostjo in zaraščanjem po regijah. 123

Graf 5: Porazdelitev stopnje zaraslosti v letih 1975 – 1995 po razredih oddaljenosti od naselij. 123

Graf 6: Porazdelitev stopnje zaraslosti v letih 1975 – 1995 po razredih naklona terena. 124

Graf 7: Porazdelitev napovedanega zaraščanja v letih 1995 – 2015 po občinah (gl. tudi Preglednica 30)..... 128

Graf 8: Porazdelitev napovedanega zaraščanja v letih 1995 – 2015 po regijah naravno-geografske členitve Slovenije (Gabrovec in sod. 1998) – gl. tudi Preglednica 31 129

Graf 9: Prva anketa - porazdelitev variabilnosti ocenjevanja glede na srednjo oceno slike kaže na stopnjo konsenza anketirancev. 145

Graf 10: Druga anketa - porazdelitev variabilnosti ocenjevanja glede na srednjo oceno slike kaže na stopnjo konsenza anketirancev..... 145

5 SEZNAM DODATKOV

Dodatek 1: Program NHOR za računanje števila vidnih horizontov iz vsake točke DMR. .. 178

Dodatek 2: Program RAZG za računanje površine, ki jo zajema razgled iz vsake točke DMR. 180

Dodatek 3: Program VZKOT za računanje vertikalnega zornega kota, ki ga zavzema gozd za vsako točko DMR..... 182

Dodatek 4: Nomenklatura prostorske baze podatkov CORINE Land Cover..... 185

Dodatek 5: Podatki o uporabljenem satelitskem posnetku Landdsat TM..... 187

Dodatek 6: Prva anketa – netransformirane ocene po anketirancih (kolone) in slikah (vrstice). 188

Dodatek 7: Druga anketa – netransformirane ocene po anketirancih (kolone) in slikah (vrstice)..... 189

6 UVOD IN OPREDELITEV KLJUČNIH PROBLEMOV

Slovenija je zaradi podnebne in geomorfološke pestrosti tudi krajinsko zelo bogata. Človek se je v preteklosti z rabo prostora prilagajal naravnim okoliščinam in ustvarjal različne krajinske vzorce. Na obliko krajinske urejenosti so vplivale tudi vsakokratne družbenopolitične razmere, zadnje čase pa spremembe v poselitvenih vzorcih, gradnja avtocest, rekreacijske ureditve, gradnja počitniških naselij ipd. Najodločilnejši dejavnik pri ustvarjanju krajinske podobe pa je bilo kmetijstvo. Osnovni vzorec delitve na gozd in negozd se je vzpostavil že v predrimskem obdobju. Slovenske krajine so ene redkih v Evropi, ki so ohranile precej prvinsko poljsko delitev (Marušič 1998). Na Primorskem se je vzpostavila že pod Rimljani, v notranjosti in v goratih predelih pa v srednjem veku. Značilnost poljske delitve je močna razparceliranost, katere posledica je neekonomična kmetijska pridelava. Drobno členjena zemljišča skupaj s poselitvenimi vzorci (v zadnjem času predvsem z razpršeno poselitvijo) ustvarjajo v prostoru pestro in kompleksno podobo. Slovenijo tako delimo na pet osnovnih krajinskih območij – alpske, predalpske, panonske, kraške in primorske krajine (Marušič 1998). Posebnost Slovenije so tudi krajine, za katere je značilna kraška geomorfologija ter obljudenost že od antičnih časov.

Poleg krajinske pestrosti je primerjalna prednost Slovenije tudi biotska raznovrstnost. Sloveniji pripada manj kot 0,004 odstotka Zemljine površine, vendar tu živita 2 odstotka vseh znanih živečih celinskih vrst, kar Slovenijo uvršča med naravno najbogatejša območja Evrope in celo sveta. Več kot 95 odstotkov vseh vrst slovenskega ozemlja živi v njenem jugozahodnem delu. Razlogi za tako pestrost so geološka raznolikost, reliefna razgibanost ter s tem povezana pisanost klimatskih in edafskih razmer ter vegetacije. Strokovnjaki ocenjujejo število rastlinskih združb na nekaj tisoč, vsa ta pisanost pa se prepleta v številne ekosisteme, od katerih je v vsakem več različnih habitatov (Mršić 1996). Ob tem ko je Slovenija uspela zadržati relativno veliko ohranjenost krajin, pa se v procesu hitrega in spontanega zaraščanja močno širi gozd. To je pogosto vzrok za nejasno mejo med travinjem in gozdom. Zaradi zaraščanja so med najbolj ogroženimi ekstenzivna suha travišča. Trenutno je naravovarstveno zavarovanega 8 odstotkov ozemlja, predvideva pa se postopno povečanje zavarovanih območij na 20 odstotkov (Zavodnik in sod. 1999).

Pomemben vir identitete slovenskega prostora so tudi arhitekturne krajine in regije (Fister 1993), saj odražajo kontinuiteto razvoja, večajo razpoznavnost prostora ter dajejo splošnim vrednotam prostora posebno vrednost. Krepi se prepričanje, da je ena od največjih kvalitet prav temeljna identiteta posameznih območij, ki se odraža v prepletu krajinskih vzorcev, tradicije bivanja, geografskih posebnosti, tipologije lokalne arhitekture, spomenikov ipd.

V splošnem danes kulturno krajino spreminjata dva procesa – človek s svojimi poseganjem, ob umikanju človeka pa narava s ponovnim osvajanjem opuščenih zemljišč. Zaradi naraščajočih potreb in vse večjih tehničnih zmožnosti človekovi posegi postajajo vse opaznejši. Kažejo se kot gradnja infrastrukture, površinski kopi, deponije, agromelioracije, poselitev itd. Mnogokrat razsežnosti teh posegov niso usklajene z drobno členjenostjo krajinskih prvin (Marušič 1998). Hkrati se kmetijska pridelava prostorsko vse bolj oži in ob tem vse bolj intenzivira. Posledice so po eni strani ekološko osiromašenje in homogenizacija v intenzivno obdelanih območjih, hkrati pa se v območjih z neugodnimi razmerami za kmetovanje (takih je 60 odstotkov kmetijskih površin) opuščena kmetijska zemljišča zaradi ugodne klime in rastnih razmer zaraščajo z gozdom. Gozd je, prostorsko gledano, prevladujoča sestavina krajine in s tem pomemben oblikovalec krajinske identitete, hkrati pa je ekološko najbolj ohranjen del slovenskega prostora. Zaraščanje vse večjih opuščenih kmetijskih površin je eden večjih problemov kmetijstva in gozdarstva, pa tudi prostorskorazvojni problem. Opuščanje kmetijskih zemljišč poteka že od konca 19. stoletja, posebej pa se je okrepilo po drugi svetovni vojni in tako gozdovi danes prekrivajo več kot polovico državnega ozemlja. Če so zunanji opazovalci naše ozemlje v 19. stoletju opisovali kot preveč ogolelo, pa obsežno zaraščanje danes ni več le pozitiven proces. Zaradi razdrobljene posesti in razgibanega reliefa, ki onemogočata ekonomično kmetijsko pridelavo, je v prihodnosti mogoče pričakovati nadaljevanje procesa zaraščanja. Posreden vzrok zaraščanja so tudi močne socialne spremembe na podeželju. Leta 1991 je bil delež kmečkega prebivalstva le še 6-odstoten, in to ob slabi starostni strukturi prebivalstva na podeželju. V 3000 naseljih se število prebivalcev zmanjšuje, za nadaljnjih 600 naselij (1/5 celotnega slovenskega ozemlja) pa je vprašljiv njihov obstanek (Zavodnik in sod. 1999).

Če upoštevamo, da se je kulturna krajina razvila iz prakrajine pod vplivom ekoloških, družbenih in ekonomskih dejavnikov, potem je jasno, da prevladovanje katerega koli od njih povzroča motnje v delovanju kulturne krajine. V primeru zaraščanja prevladujejo ekološki dejavniki, zaradi katerih se povečuje površina naravnih ekosistemov, fragmentacija teh pa se zmanjšuje (skrajšujejo in zabrisujejo se meje med ekosistemi). Določeni krajinski sistemi

zaradi svojega antropogenega nastanka terjajo stalno človekovo intervencijo. Ko ta izgine, pride do sukcesijskih sprememb, ko začnejo v prostoru prevladovati zrelejši ekosistemi (v našem primeru gozd kot terminalna faza sukcesijskega razvoja). Slovenija leži v zmerno toplem klimatskem območju, in ob prepustitvi naravnim sukcesijam bi jo skoraj v celoti prekrili gozdovi. Zaradi svoje spontanosti in postopnosti proces zaraščanja ni hitro opazen, je pa dolgoročno problematičen, saj spreminja razmerje med gozdom in kmetijskimi zemljišči. S tem prihaja do izraza problem optimalne izrabe prostora, pa tudi spreminjanja podobe kulturne krajine. Zmanjšuje se potencialna velikost poselitvenega prostora, prizadeta je estetska funkcija krajine. Proces je v nasprotju s konceptom policentričnega razvoja, žive državne meje, bolj enakomerne ekološke obremenitve prostora. Posledice je čutiti tudi na kulturni dediščini (zaraščanje značilnih vzorcev kulturne krajine, na primer planin v Alpah, senožeti v strmih pobočjih, vinogradniških teras na flišu ipd.). Problem je posebno izrazit v perifernih, goratih in demografsko ogroženih predelih, kjer je gozda že sedaj dovolj.

V luči tako obsežnega zaraščanja se moramo vprašati, kakšno kulturno krajino si v bodočnosti želimo, oziroma natančneje, kakšno zmoremo vzdrževati. Pri tem se v tej nalogi omejujemo le na razmerje gozd – kmetijske površine oziroma na problem zaraščanja.

Zaraščanje z gozdom, kot rečeno, ni enoznačen pojem, saj ima številne pozitivne, pa tudi negativne plati. Tudi zaskrbljenost za krajino je večplastna. Vzroki zanjo so naglo spreminjanje fizične podobe krajine, po drugi strani pa vse bolj varovalna miselnost. Današnji odnos do kulturne krajine je po Marušiču odraz potreb, ki jih razkriva pastoralna motivika v raznih vejah umetnosti, kjer Arkadija oziroma Raj predstavljata mit neokrnjenega in nekonfliktnega okolja. Ta mit ne slika nedotaknjene divjine, temveč kultivirano in urejeno naravo, ki je varna, pregledna, znana, domača. Arkadijski ideal človeku omogoča doživljati sebe hkrati kot del civilizacije in kot del naravnega biotopa (Marušič 1998).

Kulturna krajina seveda ni statična kategorija. Pogačnik (2000) ugotavlja, da se je v Sloveniji od serije kulturnih krajin, od omrežja rimskih kastrumov, srednjega veka z vasicami, grudami in celki, zgodnje industrijske krajine rudnikov, železnic in industrije do socialistično funkcionalistične krajine, danes kot najvišja vrednota uveljavila ena sama faza – prostorska ureditev poznega srednjega veka. Ta se je ohranila le zaradi razvojne zaostalosti in jo je zato nemogoče umetno ohranjati. Današnje gledanje na ruralni prostor je torej zgolj sentimentalno iskanje podobe fevdalne agrarne poselitve, ki bo ob modernizaciji kmetijstva postopoma izginjala.

S stališča varovanja narave je prepuščanje prostora naravnim sukcesijam večinoma pozitiven proces, saj naravi vrača to, kar ji je bilo nekoč odvzeto. Gozd, ki je v naših klimatskih razmerah klimaksna rastlinska združba, predstavlja najnaravnejše stanje ekosistema. Površine v zaraščanju imajo zato v primerjavi s kmetijskimi površinami okrepljen pomen naravnih funkcij, predvsem ekološke, nato varovalne (erozija), hidrološke (blaženje vodnih ekstremov, boljša kakovost vode) in biotopske. Površine v zaraščanju so lahko prostorska rezerva, ki prevzame velik del obremenitev gozda (posredno zmanjševanje škode zaradi objedanja divjadi, krčitve zaradi širitve infrastrukture, smučišč, golf igrišč ipd.).

Kljub ugodnim okoljskim učinkom zaraščanja pa je ta proces precejšen problem tudi za gozdarstvo, čeprav je to stroka, ki se zavzema za trajnostno rabo. Načeloma gozdarstvo za širjenje gozda na račun zaraščanja kmetijskih zemljišč ni zainteresirano, še več – zanj pomeni dodatno obremenitev. Polno odgovornost za nadaljnji razvoj gozda na zaraščenih površinah lahko gozdarstvo prevzame šele po jasni razmejitvi med gozdnimi in kmetijskimi zemljišči. Žal pa obstaja precejšnje razhajanje med katastrskim stanjem in dejanskim stanjem na terenu, saj v povojnih desetletjih kataster ni ažurno sledil hitremu zaraščanju.

S stališča kmetijstva je optimalno razmerje med kmetijskimi in gozdnimi površinami odvisno od donosnosti kmetovanja, socialnih razmer, pa tudi političnega okolja. Vzdrževanje kulturne krajine je bilo do sedaj kot stranski proizvod kmetovanja zastonj, vendar pa bo kmetijska dejavnost v prihodnosti vse manj sooblikovala krajino.

V kontekstu razvoja podeželja je gozd ena od pomembnejših prvin, saj v nekaterih območjih predstavlja primarni ekonomski vir za lokalno prebivalstvo in je zato osnova za ohranjanje poseljenosti. Pomemben vidik so tudi sodobni poselitveni trendi, kjer podeželje postaja visokokakovostno bivalno in delovno okolje, gozd pa je pri tem pomemben kot simbol naravnosti.

Zaraščanje ima lahko tudi finančno pomembne posledice v nacionalni bilanci toplogrednih plinov v kontekstu Kyotskega protokola. Ta v členu 3.3 določa, da lahko države v prvem ciljnem obdobju (med letoma 2008 in 2012) pretirane emisije CO^2 kompenzirajo s skladiščenjem ogljika le v gozdnih površinah, ki so nastale kot rezultat direktnih človekovih posegov od leta 1990 dalje (OZN 1997, str. 6). Kyotski protokol s tem dvojno prizadene Slovenijo, ki je (1) uspela ohraniti stare naravne gozdove z visoko lesno zalogo in (2) beleži obsežno zaraščanje, ki pa žal ni rezultat direktnih človekovih posegov (*direct human-induced*). Določena mera prostorskega načrtovanja pri procesu zaraščanja bi torej Sloveniji

omogočila, da zaraščanje vsaj v omejenem geografskem in časovnem okviru uporabi kot legalen ponor ogljika. Države, ki bodo presegle dovoljene emisije, bodo namreč morale plačevati penale ali pa kupovati pravice onesnaževanja od bolj čistih držav. To ni nepomembno ob napovedi, da bo Slovenija po izravnavi virov in ponorov še vedno izkazovala presežek emisij 1 milijon ton ogljika letno, pri čemer naj bi bila na mednarodnem trgu cena za pravico emitiranja 1 tone predvidoma vsaj 5 USD, po mračnem scenariju pa celo do 100 USD (Hrček 2001).

S stališča varstva kulturne krajine je gozd pomemben element, vprašanje pa je, koliko naj ga bo v krajini, da ga ne bo preveč ali premalo. Odgovor je nujno tudi subjektiven, hkrati pa ni odvisen le od želenih krajinskih vzorcev, ampak tudi od simbolnih vrednosti posamezne sestavine krajinske slike. Pri tem je treba upoštevati, da gozd ni le naravni okvir za kulturno krajino, ampak je tudi njen sestavni del. Ohranjanje kulturne krajine ne pomeni zamrzovanje dejanskih oblik in rab prostora, temveč le ohranjanje skladja med funkcijami (krajina kot naravni biotop in kot človekov bivalni prostor). Pomembna je pestrost krajine, s čimer je mišljena tako biotska pestrost kot tudi pestrost človekove prisotnosti v okolju. Enako je pomembna tudi prepoznavnost oziroma identiteta krajine, ki pa jo – enako kot krajinsko pestrost – ogrožajo procesi homogenizacije. S tem pa se zmanjšuje tudi njena vizualna privlačnost, ki je za obiskovalce temeljna kakovost krajine.

7 RAZISKOVALNA HIPOTEZA IN CILJI NALOGE

Varovanje kulturne krajine je kot cilj zapisano v različne dokumente, z njim se ukvarjajo sektorski zakoni in programi. Zaustavitev zaraščanja in zadržanje prebivalstva z zagotovitvijo integralnega razvoj ruralnih območij je eden od osnovnih ciljev programa reforme kmetijske politike (MKGP 1998). Ohranitev poseljene in pestre kulturne krajine je predvideno tudi v Nacionalnem programu varstva okolja (MOP – UVN 1998). Trajnostni razvoj naravne in kulturne dediščine je vključen med smernice Evropske unije za uravnotežen prostorski razvoj (EU 1999), konkretno je omenjeno tudi ohranjanje ekoloških, naravnih, estetskih in funkcionalnih potencialov vseh naravnih in ustvarjenih vrednot krajine. Splošneje se z odnosom med naravnim in družbenim okoljem ukvarjata Agenda 21, sprejeta na konferenci o okolju in razvoju leta 1992 v Riu de Janeiru, ter evropskim razmeram prilagojena Helsinška deklaracija iz leta 1993.

Zaraščanje torej terja neko obliko posrednega nadzora. Iz prej povedanega je jasno, da ni mogoče dati splošnega odgovora o zaželenosti oziroma nezaželenosti zaraščanja. Treba se je odločati sproti, od primera do primera, pri tem upoštevati mnenja različnih strok in pred vsakim posegom v naravne sukcesije upoštevati tako naravne in družbene procese kot tudi vizualne kriterije. Pri iskanju optimalne odločitve so nam v pomoč različne sektorske valorizacije prostora in sektorski modeli.

Optimum sožitja človeka z naravo je skoraj nemogoče ugotoviti, gotovo pa je, da lahko velja le za določen prostor in čas. Končno odločitev o najsprejemljivejši varianti mora sprejeti družba. Pogačnik (2000) navaja, da se prostorska znanost v novejšem času ukvarja zlasti s parcialnimi modeli, ne pa s celoto sistema prostorskega razvoja; kompleksni regionalni modeli so le še zgodovina. Vzrok za to so nove paradigme, ki niso več "izračunljive". Danes je bistvo modeliranja opozarjanje na prednosti in slabosti ter na stroške in rizike raznih možnih variant. Modeli upoštevajo določene robne pogoje, kot so na primer biotska raznovrstnost, nosilna sposobnost okolja ali pa varovanje krajinske podobe, še ugotavlja Pogačnik. V tej nalogi nas zanima predvsem parcialni model za vrednotenje vizualnoestetskega vidika krajinske podobe, pri čemer nameravamo podrobneje preučiti vpliv zaraščanja.

Iz pregleda literature v nadaljevanju bo razvidno, da se metode vrednotenja vizualnoestetskega vidika krajine v zadnjem času močno razvijajo, tako v svetu kot tudi v Sloveniji. Še več, v Sloveniji je bilo vrednotenje že opravljeno za celo državo (Ogrin 1996, Marušič 1998), in sicer na ravni krajinskih enot. Ta valorizacija je ena od strokovnih podlag za načrtovanje krajine v državnemu prostorskemu planu, na regionalni in občinski ravni pa je njen namen predvsem podati splošne smernice za varstvo krajine in obnašanje v krajinskem prostoru. V kontekstu zaraščanja z gozdom, ki nas posebej zanima, pa smo soočeni s procesom, ki zavzema zelo velike površine. Ta proces zaradi svoje kompleksnosti terja obravnavo tudi na lokalni ravni (celo do parcele), česar pa Marušičeva valorizacija ne omogoča, saj površina najmanjše prostorske enote (krajinske enote) še vedno presega 5000 ha.

Na podlagi povedanega smo postavili naslednji raziskovalni hipotezi:

1. zaraščanje opuščenih kmetijskih površin v raziskovalnem območju dosega tako velik obseg, da je potreben monitoring širjenja gozda;
2. z delnim reguliranjem spontanih procesov zaraščanja je mogoče varovati estetsko najvrednejše dele kulturne krajine.

Cilji naloge pa so:

1. oceniti obseg in prostorsko razporeditev zaraščanja ter v tem okviru prikazati tudi časovno učinkovito metodo velikoprostorskega kartiranja gozdnega roba na podlagi satelitskega posnetka;
2. preučiti, ali je mogoče razviti velikoprostorski in hkrati podrobnejši GIS-model vizualnoestetske dimenzije kulturne krajine. Model naj bi omogočal prostorsko zvezno vrednotenje tega vidika krajine v odvisnosti predvsem od zaraščanja ter brez predhodne regionalizacije in členitve prostora. Metoda bi morala hkrati omogočati tudi relativno ceneno pogosto zajemanje prostorskih podatkov o prostorskem obsegu gozda, saj je zaraščanje nenehen in hiter proces;
3. prikazati tudi uporabo tega parcialnega modela v procesu odločanja, in sicer pri izbiri prednostnih območij za varovanje sedanje podobe krajine pred zaraščanjem.

8 PREGLED LITERATURE

8.1 Vizualno – estetska valorizacija krajine

Vrednost, ki jo pripisujemo vizualni lepoti krajine, se kaže v posebni obravnavi, ki so je deležni naravni parki, in v številu ljudi, ki te parke obiskujejo. Ta vrednost ima tudi denarni izraz v višji ceni nepremičnin s pogledom na lepo krajino (na primer na morje) kot pa tistih s pogledom na sosednji stanovanjski blok. Raziskave na področju estetike krajine so se vedno srečevale s številnimi (nerešenimi) teoretičnimi in metodološkimi vprašanji, zaradi česar je rezultate teh raziskav težko posploševati. V splošnem na estetiko pozitivno vplivajo naravnost, skladnost in kompleksnost krajine, negativno pa neskladne antropogene intervencije v krajino. Literatura, ki jo povzemamo v nadaljevanju, kaže, da je estetika krajine kompleksno vprašanje. Njena obravnava je odvisna od opazovalca, vrste scene in dejavnosti, v zvezi s katero preučujemo estetiko krajine.

Eno od vprašanj, ki si jih filozofi zastavljajo že tisočletja, je, ali je lepota nekaj, kar obstaja samo po sebi (je torej intrinzična lastnost objekta), ali pa je nekaj, kar nastane šele v opazovalcu. Gre za dve nasprotujoči si paradigmi estetike – objektivistično in subjektivistično. To vprašanje se seveda tiče tudi sodobnih raziskav krajine. Kontrast med tema dvema paradigmama preučevanja krajine povzema Lothian (Preglednica 1).

Preglednica 1: Paradigmi proučevanja krajine po Lothianu (1999).

Objektivistična (fizična) paradigma	Subjektivistična (psihološka) paradigma
Kvaliteta krajine je intrinzična fizična lastnost. Vrednoti se s kriteriji. Subjektivnost je predstavljena kot objektivnost.	Kvaliteta krajine obstaja le v očeh opazovalca. Vrednoti se s psihofizičnimi metodami. Subjektivnost je raziskana objektivno.

Klasifikacije, ki temeljijo na vrednotenju fizičnih lastnosti krajine po Lothianu, lahko veljajo za objektivne, če je vrednotenje izvedeno na dosleden način, tj. če so kriteriji dosledno upoštevani in osebne preference raziskovalca ne igrajo vloge. Enako objektiven pristop predstavlja uporaba metod psihologije, s katerimi ugotavljamo družbene preference ter nato

kvaliteto krajine ugotavljamo statistično. Pristop izključuje subjektivna stališča raziskovalca ter družbene preference raziskuje objektivno. Sistematična napaka se seveda vseeno še lahko prikrade prek oblikovanja vprašalnika in načina vrednotenja rezultatov.

Na področju raziskovanja estetskega vidika krajine obstaja želja po vključevanju estetske dimenzije v prostorsko planiranje in gospodarjenje s krajino, zato so raziskave estetike krajine pogosto usmerjene v izdelavo empiričnih modelov človekovih oziroma družbenih odzivov na estetski vidik krajine. Raziskave so v glavnem namenjene prepoznavanju tistih "upravljivih" prvin krajine, ki so pomembne za odločanje v prostorskem planiranju, zakonodajnem procesu ali v PVO. Ta paradigma je danes v raziskovanju estetike krajine dominantna, Zube in sod. (1982) pa jo poimenujejo psihofizični pristop.

Vprašati se je mogoče o odnosu med psihofizičnim pristopom k analizi estetike krajine ter samim planiranjem – torej kakšno vlogo imajo lahko tu preference kot le eden od vidikov človekovega obnašanja. Paris in Reynolds (1983) ter Vickers (1965; cit. v Sancar 1988) so pokazali, da so za oblikovanje politike pomembnejše preference kot pa "objektivne resnice" o človekovem obnašanju. Preference so namreč vrednostne sodbe in so torej za področje estetike politično najbolj relevantne za odločanje. Gledano z normativnega vidika, ima psihofizični pristop seveda pomanjkljivosti. Glavna je v tem, da je nemogoče "pravično" ugotoviti splošno preferenco. Smiseln argument v korist psihofizičnega pristopa je, da bi bila v tem smislu ustrezna le povsem izdelana teorija preferenc in percepcije krajinske estetike, kakršna pa še ne obstaja.

Zube in sod. (1982) so znotraj polja preučevanja percepcije krajine prepoznali 4 paradigme:

- ekspertna paradigma temelji na oceni kvalitete krajine, ki jo opravi strokovnjak;
- psihofizična paradigma (v zadnjem času je nadomestila ekspertno paradigmo) temelji na ocenjevanju kvalitete krajine s pomočjo anketiranja splošne javnosti ali pa določene populacije. Tako psihofizična kot ekspertna paradigma sta problemsko usmerjeni in njun predmet je določena krajina, na primer območja za rekreacijo ali razgledne ceste;
- kognitivna paradigma poudarja mentalni proces zaznavanja/dojemanja. Ne skuša razumeti lastnosti krajine same, temveč mentalni proces, ki vodi do estetske presoje;

- izkustvena paradigma se osredotoča na krajinske vrednote, ki se sčasoma oblikujejo v interakciji krajine in ljudi. Tako kognitivna kot izkustvena paradigma se torej bolj ukvarjata s procesom vrednotenja in ju bolj zanima teorija percepcije krajine.

Estetiko krajine postavlja Appletonova s teorijo razgleda in zavetišča (*Prospect and Refuge Theory*) v kontekst biologije in evolucijske psihologije (Appleton 1988). Preferenca za določen tip krajine je po tej teoriji del vzorca obnašanja, ki je posledica adaptacije človeške vrste na okolje. Teorija predpostavlja, da vsaka vrsta, tudi Homo sapiens, okolje dojema na način, ki omogoča hitro odločanje ob morebitni življenjski nevarnosti. Tudi ljudje okolje dojemamo kot habitat. Vsak vidik habitata je seveda pomemben, vendar pa so tisti vidiki, ki se nanašajo na neposredno preživetje, deležni naše posebne pozornosti. Možnost preživetja si povečamo (1) z zaznavanjem možnosti za sprejemanje informacij iz okolja – tu gre predvsem za razgled – ter (2) z zaznavanjem možnosti za skrivanje pred nevarnostjo. Ta dva vidika se neposredno navezujeta na osnovna pojma teorije – torej razgled in zavetišče. Teorija skuša zapleteno množico konceptov poenostaviti v nekakšno formulo, s čimer se poveča njena pojasnjevalna sposobnost.

Osnovno izhodišče teorije razgledišča in zavetišča podpira Kaplan (1988), ki predpostavlja, da estetika vsaj do neke mere odseva funkcionalno primernost prostora. Seveda pa ni nujno, da je v povezavi s *trenutno* funkcionalnostjo prostora – prej gre za dediščino evolucije človeške vrste. Idejo, da za estetiko stoji neki globlji pomen in namen in da torej estetika ni le trivialna muha naše vrste, potrjujejo statistične raziskave, ki kažejo, da preference niso slučajnostne. Percepcija krajine je zato po Kaplanu v tesni povezavi s človekovimi smotri. Če torej želimo razumeti preference, moramo prej razumeti tudi te smotre. Preživetje posameznika je bilo nekoč odvisno predvsem od dveh smotrov. Ljudje kažejo preference za tiste tipe okolja (krajine), ki dopuščajo njuno doseganje:

1. prvi smoter je bil razumevanje okolja (*making sense*), kar človeku omogoča znajti se v tem okolju. Krajina, ki ustreza temu smotru, je pregledna in enostavna;
2. drugi smoter je bil udeležiti se dogajanja v okolju (*involvement*). V tem primeru naj bo krajina čim bolj raznolika, nudi naj izziv.

Po Kaplanu dojemamo krajino na dva načina – kot dvodimenzionalni vzorec (kot bi bila krajina ploščata slika) ter kot tridimenzionalni prostor (Preglednica 2). Dvodimenzionalen vzorec ima naslednja elementa:

1. kompleksnost (raznolikost, bogastvo), ki kaže na "intenzivnost dogajanja" v krajini in se nanaša predvsem na smoter udeležbe – čim manjša je kompleksnost, nižja je preferenca;
2. skladnost, ki se nanaša na zmožnost, da si krajino v mislih strukturiramo, in je torej v povezavi z razumevanjem. Skladnost krajine povečujejo jasni vzorci svetlih in temnih tonov, ponavljajoči se elementi ter jasno razmejene homogene teksture. Razumevanje je najlažje, kadar je v pejsažu nekaj, kar ga deli na približno pet homogenih delov.

Krajina pa je vendarle tridimenzionalni pojav, zato ljudje, na primer, tudi fotografije pejsažev dojemajo v treh dimenzijah. Elementa tridimenzionalnega prostora pa sta (oba se navezujeta na prej omenjeno teorijo razgleda in zavetišča):

1. skrivnostnost – navezuje se na pojem razgleda. Ljudje kažejo preferenco za prizore, kjer se zdi, da bi z "vstopom" v sceno bilo mogoče videti več. Ni nujno, da nekaj takega tam res obstaja, glavno je, da se tako zdi (na primer nepregledni ovinek na slikoviti cesti). Gre tudi za povezavo med tem, kar smo že videli, in tem, kar se obeta;
2. čitljivost – navezuje se na pojem zavetišča, torej videti, ne da bi bil viden. Navezuje se tudi na pojem razumevanja. S čitljivostjo je mišljena globinska razčlenjenost in diferenciranost prostora, ki obe omogočata dober pregled nad sceno. Čitljivost je podobna lastnost kot skladnost, le da gre tu za upoštevanje še tretje dimenzije.

Preglednica 2: Elementi percepcije krajine po Kaplanu (1988).

Raven interpretacije	Razumevanje	Udeleževanje
Dvodimenzionalen vzorec	Skladnost	Kompleksnost
Trodimenzionalen prostor	Čitljivost	Skrivnostnost

Pogačnik (1987) ugotavlja, da lepe krajinske vizure temeljijo na likovnokompozicijskih osnovah in mnogo manj na kulturnih in sociopsiholoških predpostavkah. Lepota pokrajine je razložljiva z estetskimi merili, ki izhajajo iz vizualnopercepcijskih znakov. Ti znaki (elementi) se razporejajo v nekaj značilnih vzorcev. Namen analize je poznavanje razlogov za estetski vtis in s tem možnost za ciljno varovanje (naravne) dediščine, boljše načrtovanje novih posegov. Pogačnik je analiziral različne motive in jih reduciral na nekaj značilnih znakov, ki najbolj pojasnjujejo percepcijske, vsebinske in estetske značilnosti. Motiv je definiran kot prizor iz urbanega ali krajinskega okolja, vidno dojemljiv iz enega pogleda, iz

ene točke opazovanja brez gibanja ali vrtenja opazovalca, zajemajoč okoli 30° vidnega horizonta. Likovno, pomensko, simbolno in zgodovinsko je nedeljiv oziroma ga je mogoče nedvoumno izdvojiti iz ostale panorame. Glavni elementi likovne kompozicije so:

- vidni poudarek (akcent) je kontrastna vidnoperceptivna informacija v motivu (na primer geometrijska oblika v naravnem okolju, malo sredi velikega ipd.);
- vodilo je drugi element, ki organizira motiv (na primer rob, pot, gradient). Vodilo usmerja pogled in navdaja s pričakovanjem, da se na koncu poti (roba, gradienta) nekaj nahaja. Najmočnejši vtis daje motiv, kjer se tako vodilo zaključuje z vidnim poudarkom;
- uokvirjanje daje motivu globinsko čitljivost.

Motive z zgodovinsko, transkulturno in geografsko analizo Pogačnik razčleni na osnovne percepcijske in pomenske elemente, ki so:

- poudarki, zaključki pogledov: akcent (točka), vozlišče ali gruča, hrib;
- perspektivični znaki globine, gradienti: pot (ravna ali zavita), rob (na primer gozda), ploščad;
- elementi v frontalnem pogledu: pas (na primer drevja), horizont, okvir slike;
- izraziti vzorci: izrazita zrnatost, izrazit mrežasti vzorec;
- dodatna kompozicijska pojasnila: simetrijska os, diagonala, mentalna povezava sestavin motiva.

Po Pogačniku narava z vnosom človekove stvaritve pridobi dialog med naravnim in ustvarjenim ter pomenskost in značaj kulturne krajine. Človekova prisotnost v naravi je konstitutivni element sleherne estetske presoje v neposrednem smislu, pa tudi posrednem, saj opazovalec v pokrajino projicira svoje kulturne vrednote ter likovna merila. Prisotnost človekove stvaritve v krajini je oblikovno pozitivna, če se prilagaja in kompozicijsko nadgrajuje naravo. Nečlenjen ravninski gozd pridobi z vmesnimi členitvami polj in pašnikov, nizi gričev pridobijo pravo mero, če je najlepši okronan s cerkvijo. Čitljivost krajine se poveča s poudarjanjem ali kontrastiranjem mas, linij in barv.

Marušič (1988) manj poudarja pomen likovnokompozicijskih elementov. Neposredni nosilec estetske funkcije v krajini je estetski potencial, ki je odvisen tako od stanja krajinskega prizorišča (ki ga opredeljujejo njegove likovne sestavine ter funkcionalne zveze med

ekološkimi značilnostmi in rabo prostora) kot tudi od stanja opazovalca (ki ga opredeljujejo psihosocialni dejavniki). Marušič (1988, str. 80) pravi:

> "Lepota ni objektivna danost krajine ali gozda, tako kot je objektivna danost temperatura zraka ali hitrost vodnega toka v reki. Neposrednih meril za to kakovost krajine ni, tudi splošnih meril ni. Estetska občutja in merila zanje se uresničujejo v vsakokratnem opazovalcu krajinskega prizorišča. Lepota biva v človeku in ne v krajini. Zato so posplošitve estetskih meril mogoče le v okvirih splošnih sprejemljivosti razlag resničnosti. Posplošena merila resničnosti, če obstajajo, so le odraz poenotene zavesti, kulturnih dejavnikov in vrednostnega sistema. Toda različnost zavesti, spoznanj in obsega znanja sploh, različnost kulturnih vzorcev življenja in vrednostnega sistema, kar vse so resničnosti vsakega družbenega okolja, pomenijo različnost videnja gozda v prostoru, različnost odzivov, ki jih opredeljujemo kot estetsko izkušnjo."

Zato praktično naravnane razlage estetskih vidikov krajine večinoma izhajajo iz vidnega dojemanja kot psihološkega mehanizma razpoznave ter iz analize povsem konkretnih krajinskih prizorišč. V okviru gozda to potrjuje Robič (1988), ki ugotavlja, da so (1) estetski učinki gozda odvisni od razumevanja procesov in pojavov v gozdnem ekosistemu in da (2) lepote ne gre iskati v samem gozdu, temveč v našem pogledu nanj (lepota je stvar percepcije).

Enako mislita tudi Fenton in Reser (1988), saj zanju lepota obstaja kot rezultat interakcije objekta in opazovalca – potrebna sta torej oba. Zagovarjata pristop, pri katerem hkrati preučujemo posameznikov odziv na okolje ter informacije o okolju samem – torej formalne, objektivne atribute fizičnega okolja ter neformalne, percipirane atribute. Tako teoretični model čim bolj približamo dejanskemu izkustvu narave. Gre torej za integrativni pristop, ki združuje prvine objektivistične in subjektivistične paradigme (v smislu Lothiana).

Glavni pristopi, ki jih uporabljajo za vrednotenje parametrov fizičnega okolja, ki naj bi vplivali na estetsko percepcijo krajine, so (Fenton in Reser 1988):

1. objektivna kvantifikacija (meritve): zgodnejši pristop je temeljil na uporabi črno-belih fotografij za kvantifikacijo krajinskih spremenljivk (na primer tip krajine, barva, oddaljenost vegetacije, površine, oblike ipd.). S faktorsko analizo so ugotovili, katere spremenljivke omogočajo napovedovanje pozitivnega ali negativnega estetskega odziva pri opazovalcih krajine. Podobna tehnika temelji na preučitvi pomembnosti krajinskih spremenljivk (na primer reliefa, variabilnosti naklonov, deleža gozdnega pokrova ipd.) za napovedovanje estetskih kvalitet. Nekatere raziskave predpostavljajo

neposredno povezavo med objektivnimi lastnostmi krajine in percipirano krajinsko kvaliteto. Raziskovalci izberejo tiste spremenljivke, na podlagi katerih ljudje običajno ocenjujejo krajino, hkrati pa je izbor omejen le na tiste spremenljivke, ki se jih da kvantificirati;

2. normativno razsojanje (ocenjevanje): okolje je tako mogoče opisati na navidezno objektiven način. Raziskovalec uporabi ljudi kot razsodnike za ocenjevanje vidikov okolja, ki jih ni mogoče zajeti s fizičnimi indeksi ali meritvami, na primer pri raziskovanju odnosa med preferenco in kompleksnostjo naravnih ali urbanih prizorišč. Kompleksnost je pri tem kvantificirana z ocenami opazovalcev za barve, oblike, teksture, smeri dominantnih linij ter za razmerje med naravnim in umetnim. V nekaterih raziskavah so uporabili tak način ocenjevanja okolja glede na lastnosti, ki so jih pred tem opredelili sami raziskovalci. Izbrane so bile tiste spremenljivke, za katere obstajajo vnaprejšnji teoretični razlogi za predpostavko, da so v povezavi s percepcijo okolja;
3. opisovanje v fenomenološkem smislu: raziskovalec z intervjuji ali vprašalniki od ljudi izvabi vidike krajine, ki se jim zdijo pomembni za oceno kvalitete krajine. Ta pristop je posebej uporaben za opis fizičnih spremenljivk, ki imajo lahko psihološki učinek na percepcijo kvalitete krajine.

Zamisel o vrednotenju vizualnoestetske kvalitete krajine v Sloveniji torej ni nova, vendar pa so bila do sedaj mnenja o njenem pomenu deljena. Problem vrednotenja ni le hitro spreminjanje dejavnikov in meril v času in prostoru (med državami), ampak tudi izbira merila – krajevno, regionalno, nacionalno, kontinentalno (Ogrin 1996). V nadaljevanju naštevamo nekaj najpomembnejših domačih in tujih metod in raziskav, katerih ugotovitve in izkušnje so bile deloma tudi izhodišče za pripravo naše metode.

Pionirsko delo na področju objektivne kvantifikacije vizualnoestetske komponente prostorskega planiranja in uporabe računalnika pri tem je v sedemdesetih letih dvajsetega stoletja opravil Pogačnik na Katedri za urbanizem FAGG (Pogačnik 1986b). Vizualno okolje je zajel s panoramskimi fotografijami (s perspektive pešca ali voznika), posnetimi v sistematični mreži 500 x 500 m, 1 x 1 km itd. (odvisno od planske ravni). Vizualnoestetsko kvaliteto so pojasnjevali s tremi prostorsko opredeljenimi spremenljivkami: vizualno topologijo (vidnost/nevidnost), kompozicijsko razdaljo opazovane scene in interpretirano vizualnoestetsko vsebino (točke, vozlišča, robovi, poti, površine).

Pogačnik in Prelovšek (1987) sta opredelila metodološka in teoretska izhodišča vizualne valorizacije prostora (ki smo jih povzeli že na drugem mestu v tej nalogi) in jih uporabila za izdelavo karte vizualnoambientalne valorizacije Polhograjskega in Zasavskega hribovja ter Ljubljanskega barja. Strokovno delo sta dopolnila z rezultati fotoankete o rekreacijskih, estetskih in drugih vrednotah obravnavanega prostora. Vizualna analiza je bila soočena z valorizacijami z vidika varstva dediščine in ekologije in ugotovljeno je bilo sovpadanje med gledanji različnih strok. Avtorja sta v vizualnooblikovno inventarizacijo in valorizacijo vključila predvsem tiste elemente, kjer se prepletajo vidnoperceptivne, pomenske, simbolne in tradicionalne vrednote ter kolektivna mentalna slika. Vrednotila nista posameznih elementov, temveč sta zasledovala celovitost kompozicij ambientov in vedut. Posamezne elemente sta razbirala le, kadar te celote niso izrazito prisotne. Ti elementi so:

- vidni robovi (na primer gozda, naselja), ki sta jih ločila na lepe in vizualno kvarne;
- reliefni robovi, ki so ločeni glede na vidnost z različnih razdalj (makro, mezo, mikro);
- območja največje vidne izpostavljenosti;
- zanimive reliefne oblike;
- vegetacijski, gozdni robovi. Omejujejo vidne "zelene sobe", členijo prostor. Avtorja sta kartirala le izrazite gozdne robove, ki trdno definirajo vizualne celote, ne pa tudi fragmentiranega gozda in grmišč;
- lepa, avtohtona pročelja vasi;
- zelo degradiran grajeni rob;
- vidni poudarki, ki so lahko ugodni (na primer posamezna drevesa, cerkveni zvoniki) ali neugodni (na primer osamljene škatlaste gradnje, transformatorji);
- vidna vozlišča, ki so definirana kot markantne gruče objektov ali vegetacije, naravni fenomeni, križišča poti;
- vidne površine. Avtorja se tu nista zadovoljila le z beleženjem vidnoperceptivnih značilnosti, kot je tekstura, ampak sta opazovala celovitost okolij (na primer celki ali velike prazne površine na Barju). V ta sklop sodi tudi najvišja kategorija valorizacije – motiv;
- poti. Valorizirala sta le zanimive panoramske dele, ki jih je treba varovati;
- vedute, vizure – razgledne točke.

Inventarizacija je bila rezultat terenskega strokovnega dela in je hkrati vključevala tudi fazo izboljševanja vidnih kvalitet (predlogi za zasaditve, rušitve, zazidave, krčenja). Kartiranje je potekalo na TTN5 in PKN25. Primernost predlaganih zazidalnih con je bila nato usklajena s planskimi kartami strokovnih podlag za pripravo prostorskih sestavin družbenega plana. Na koncu sta karte vizualnooblikovne valorizacije primerjala s študijami drugih strok (prvo območje kmetijstva, varovalni gozdovi in gozdovi posebnega pomena, varstvena območja vodnih virov, naravna dediščina, kulturna dediščina, območja zelenja in rekreacije). Ugotovila sta dobro sovpadanje z območji varstva urbanistične in etnografske dediščine ter kmetijskih površin (1. območje) in gozdov posebnega pomena.

S fotoanketo med strokovnjaki (krajinskimi arhitekti) in nestrokovnjaki je Marušič (1988) ugotovil, da ima strnjeni gozd v primerjavi z različnimi tipi kulturne krajine nižji položaj v estetski hierarhiji. Krajinsko prizorišče ima dve lastnosti, ki opredeljujeta njegove likovne kakovosti, to sta kompleksnost (urejena raznolikost, pestrost izbire, bogastvo možnosti delovanja v prostoru) in urejenost (dejavnik razpoznavnosti in razumevanja prizorišč, sposobnosti orientacije in varnosti). Gozd ima v slovenski krajini pomembno vlogo ustvarjalca kontrasta (temno/svetlo, vertikalno/horizontalno) in je temeljna kompozicijska prvina, ki prispeva k oblikovanju krajine kot tridimenzionalne strukture. Zaradi longitudinalnosti gozdnega roba pa tudi omogoča horizontalno ploskovno strukturiranje krajinskega prizorišča. Gozd v krajini večinoma opazujemo od zunaj in ga doživljamo kot okvir krajinskemu prizorišču. Gozdni rob in pasovi drevja vpeljujejo v prostor smeri, podobno kot relief, vode ali ceste. Zato je posebej v ravnini gozd lahko temeljni nosilec strukturnega členjenja prostora, prostoru daje identiteto in berljivost. Naštete likovne prvine lahko najdemo tudi v strnjenem gozdu (iglavci/listavci). Vse te naštete likovne prvine pa še niso vrednostni atributi krajinskega prizorišča, omogočajo le prepoznavnost v prostoru. Osnovo estetskega doživetja krajinskega prizorišča sestavljajo skladje funkcij narave, harmonija in ravnotežje, stabilnost naravnih procesov, v kulturni krajini pa harmonija socialnih in naravnih funkcij prostora. Estetska funkcija gozda v krajini se torej uresničuje na dveh percepcijskih ravneh – likovni in funkcionalni. Za estetsko doživetje se morajo likovne prvine dopolniti s percepcijo skladja med ekološkimi pomeni krajine in njenim družbenim kontekstom To je tudi razlog, zakaj so moteči in neprijetni tisti objekti, ki govorijo o degradacijskih procesih v krajini. Zato je tudi ekološko skladno poseganje v prostor hkrati dejavnik ohranjanja in razvijanja lepega v prostoru. Izhodišče za estetsko urejanje krajine je ekološko ustrezna raba. Seveda pa je

razpoznavanje funkcijske ravni dojemanja prostora težavnejše in zahteva od opazovalca določeno znanje.

Pogačnik in sod. (1996) so raziskovali spremembe v vizualnem okolju. V raziskavo so vključili tri ankete javnega mnenja o zadovoljstvu z grajenim okoljem, od katerih se ena nanaša na primere vasi v naravni krajini. Ocene preferenc so soočili z različnimi kazalniki vizualne kvalitete. Fotoanketo so izvedli s 50 kvalitetnimi fotografijami krajin, pri čemer so se izogibali ekstremno lepih ali odbijajočih vedut. Snemali so s 35-milimetrsko kamero z ozkokotnim objektivom v horizontalnem položaju. Pred anketo so slike analizirali. Motive na njih so razčlenili glede na vsebinske značilnosti. Tako so določali deleže naslednjih sestavin (neba niso upoštevali): neporaščena krajina, zgradbe, gozd, travniki in nizka vegetacija, poti, vode, oddaljeno hribovje. Dodaten indikator je bila pestrost vsebin, ki je bila definirana kot število različnih vsebin na sliki. Anketirali so 41 študentov FGG – torej je šlo za izrazito testno anketo. Vsak anketiranec je moral posnetke oceniti z oceno od 1 (izjemno grdo) do 5 (izjemno lepo). Za vsako sliko so izračunali povprečno oceno vseh ocenjevalcev. V pojasnjevalnem delu ankete so ocenjevalci morali pojasniti, zakaj jim je neka slika všeč ali ne. Sledil je ključni del raziskave, kjer so raziskovalci analizirali, kako vsebina posnetka vpliva na njegovo oceno oziroma preferenco (determinacijski koeficient R^2 in smerni koeficient linearne funkcije oziroma moč vpliva), in v nadaljevanju, kako preferenco pojasnjujejo s svojimi odgovori sami udeleženci ankete. Korelacija med vplivi in preferenco je bila večinoma šibka, najmočnejši vpliv na preferenco pa so imeli delež gozda in drevja ter delež voda. Najmočnejši negativni vpliv je imel delež skalovja in neporaščenosti ter delež zazidanih površin. Raziskovalci so preučevali tudi odvisnost ocene za preferenco od likovnih elementov na sliki (vidni poudarek, jasnost kontur, simetrija, uokvirjenost slike, močni kontrasti, izrazita barvitost). Vpliv likovnih elementov so kvantificirali z vsoto točk za vsak element (element prisoten – 1 točka, delno prisoten – 0,5 točke, ga ni – 0 točk). Posamezna slika je tako imela do največ 4,5 točke. Korelacije niso našli. Glede tehnologije anketiranja avtorji ugotavljajo velik pomen ustreznega izbora fotografij in jasno zastavljenih vprašanj. Mnenja so, da je treba ankete, ki so navedene v tuji literaturi, izvesti tudi pri nas, z domačo populacijo, saj le tako lahko zajamemo našo specifiko.

Ogrin (1996) omenja dva možna načina za vrednotenje krajine. Na eni strani ekspertni pristop zagotavlja ustrezno členitev krajinske dediščine, po drugi strani pa je zaradi velikih finančnih posledic nujna tudi vključitev laične javnosti. Prava pot je v pritegnitvi različnih strok (krajinska arhitektura, geografija, naravovarstveniki, umetnostni zgodovinarji, arhitekti,

arheologi), z vključitvijo tudi laične javnosti v vzporednem postopku, končna sinteza vrednotenja pa naj upošteva tudi dolgoročno nacionalno strategijo za gospodarjenje s prostorom, naravo in krajino. Končni rezultat je izbira najvrednejših krajinskih območij in predlog režima gospodarjenja s finančnimi obveznostmi. Glavna kriterija za opredelitev izjemnosti krajin sta po Ogrinu:

1. izjemnost strukturnih značilnosti;
2. značilnost za posamezno regijo (alpsko, subalpsko, subpanonsko, sredozemsko, kraško).

Dodatni kriteriji pa so, odvisno od primera:

3. ujemanje med rabo in naravnimi značilnostmi prostora;
4. odražanje strukturne vrednosti v vizualno privlačnem krajinskem vzorcu;
5. medsebojna usklajenost gospodarskih, ekoloških in kulturnih vidikov krajine;
6. navzočnost zgodovinskih, spomeniških, arheoloških ipd. kvalitet;
7. izjemnost določene naravne ali kulturne značilnosti;
8. ujemanje med krajinskim in poselitvenim vzorcem;
9. tradicionalni sistemi poljske delitve.

Vsak od teh kriterijev je odvisen od merila njegove uporabe (nacionalna/mednarodna) – v Sloveniji so, na primer, izjemni drugačni krajinski vzorci kot na Nizozemskem.

Gornja načela je konkretiziral v operativno metodo vrednotenja kvalitete krajine Marušič (1998). Po tej metodi je v obsežnem projektu inventariziral in ovrednotil celotno Slovenijo, in sicer na ravni krajinskih enot. Homogene krajinske enote je oblikoval na podlagi Ilešičeve geografske regionalizacije, ki pa jo je še dodatno razčlenil glede na morfološko homogenost krajinske podobe. Pri tem je šlo za vizualno presojo mikro- in makroreliefa ter površinskega pokrova. Variabilnost znotraj posamezne krajinske enote je zajel prek prepoznavanja krajinskih vzorcev, ki v njej nastopajo. Krajinski vzorec je preplet določenih krajinskih prvin, ki pa mu običajno ni mogoče določiti prostorskih meja. Vrednotenje je potekalo v obliki primerjave konkretne krajine z referenčnim krajinskim vzorcem. Referenca je navadno neko želeno oziroma idealno stanje krajine. Ocena je potem odražala razliko med dejanskim in idealnim stanjem. Ocenjevanje se je nanašalo na celotno krajinsko enoto ne glede na to, da ta ni homogena v pogledu vrednosti. Razlog je bila prostorska členitev na krajinske enote, ki

temelji na fizičnih značilnostih in ne na podlagi kriterijev kakovosti krajine. Namen valorizacije je bil opredeliti naravno in ekonomsko vitalnost, doživljajsko prijetnost oziroma lepoto ter stabilnost krajine. Valorizacija je temeljila na naslednjih merilih:

1. naravna ohranjenost: ohranjenost reliefa, vegetacije, vodovja;
2. pestrost: pomemben je relief, vodni prostor, gozd s strukturo in površino ter kmetijska raba;
3. prostorski red: potek reliefa, usmerjenost, stopnjevanost in ritem krajinskih vzorcev;
4. harmoničnost: sestavljeno merilo iz pestrosti (števila in oblik prvin) ter reda. Poleg skladnosti med rabo in naravnimi danostmi odraža tudi estetsko kvaliteto krajinske slike;
5. simbolni pomen naravnih in kulturnih prvin: teža simbolnega pomena je bila opredeljena glede na njegov lokalni, regijski ali državni pomen.

Končna ocena ni bila seštevek delnih ocen, ampak njihova smiselna sinteza.

Še več primerov vizualnoestetske valorizacije krajine najdemo v tuji literaturi.

V raziskavi Herzoga (1988) gre za stapljanje kognitivne psihologije in evolucijskih hipotez. Ključna predpostavka je, da je človek kot vrsta evolviral v okolju, kjer je bila prostorska informacija ključna za preživetje, zato se mora raziskava okoljskih preferenc osredotočiti na taka okolja in tiste kognitivne procese, ki so v tem smislu najpomembnejši. Prvi cilj te raziskave je bil odkriti taka okolja znotraj gozdnate krajine na Srednjem zahodu ZDA, drugi pa raziskati spremenljivke, ki bi pojasnile preference za taka okolja. Spremenljivke so bile izpeljane po Kaplanu, ki poudarja dva kognitivna procesa – razumevanje in udeleževanje. Okolja, ki omogočajo oba procesa, bi morala imeti visoko preferenco, če sta bila procesa res ključna za preživetje. Preiskovali so šest pojasnjevalnih spremenljivk:

- koherentnost (stopnja strukturiranosti neposrednega okolja) in prostornost (globina, do katere je to okolje strukturirano). Ti dve spremenljivki se nanašata na proces razumevanja okolja;
- kompleksnost (količina informacij ali število elementov v neposredni okolici) in skrivnostnost (intenzivnost vtisa, da bi lahko zvedeli več, če bi stopili globlje v okolje, na primer prisotnost zavitih poti). Ti dve spremenljivki se nanašata na proces udeleževanja;

- tekstura (gladkost površine – pripomore k prepoznavanju strukture) in prepoznavnost (občutek domačnosti okolja – olajša opazovalcu razvrščanje krajine v znano kategorijo). Ti dve spremenljivki se nanašata na oba prej omenjena procesa.

Raziskovalci so anketirali 247 študentov psihologije, ki so jih razdelili na 16 skupin; različne skupine so gledale fotografije različno dolgo (po 15 sekund, 200 in 20 milisekund). Uporabili so 100 barvnih fotografij gozdnate krajine. Teren na slikah je bil večinoma raven, krajina pa je segala od povsem gozdnate do povsem odprtih površin. Na slikah ni bilo ljudi ali voda, nekatere pa so prikazovale poti. Sodelujoči so po petstopenjski lestvici rangirali vsako fotografijo glede na sedem spremenljivk. Od teh jih je šest prej naštetih pojasnjevalnih spremenljivk, sedma pa je ciljna spremenljivka (preferenca). Predstavljene so tako:

1. koherentnost: kako skladna se vam zdi scena, koliko je mogoče iz enega dela scene sklepati na drugega;
2. prostornost: kako močan občutek prostornosti vam scena daje, koliko prostora za gibanje vam ponuja;
3. kompleksnost: ali se vam zdi, da bi o tej sceni lahko izvedeli kaj več, če bi jo imeli čas opazovati dlje;
4. skrivnostnost: ali se vam zdi, da bi o tej sceni lahko izvedeli kaj več, če bi imeli možnost vstopiti vanjo;
5. tekstura: kako drobnozrnata je predstavljena površina;
6. prepoznavnost: kako močan občutek domačnosti (vendar ne poznanosti) vam daje ta scena;
7. preferenca: kako vam je scena (zaradi česar koli) všeč?

Prvih dvanajst skupin je slike opazovalo po 15 sekund. Pred dejanskim začetkom so si ogledali pet vadbenih slik. Po 50 slikah je bil kratek odmor. Štiri skupine so ocenjevale preferenco, druge štiri prepoznavnost, koherentnost in prostornost, naslednje štiri pa kompleksnost, skrivnostnost in teksturo. V skupinah za ocenjevanje pojasnjevalnih spremenljivk je vsak ocenjevalec ocenjeval le po eno spremenljivko, vsaki pa je bilo namenjenih približno enako število ocenjevalcev. Velikost vzorca je bila tako od 21 do 22 ocenjevalcev za posamezno pojasnjevalno spremenljivko in 25 za preferenco. Zadnje štiri skupine so ocenjevale iste slike, vendar so bili časi opazovanja 200 oziroma 20 milisekund. Z

nemetrično faktorsko analizo odzivov 15-sekundne skupine so ugotovili tri dimenzije vsebine slik oziroma tri skupine scen:

1. scene odprtega prostora – skupno jim je bilo gledišče (lokacija kamere) na odprtem prostoru. To dimenzijo so poimenovali dimenzija odkritega gledišča (*unconcealed vantage point dimension*);
2. scene, ki jim je skupno prikrito gledišče, s pogledom lahko na čistino ali na gozd. To dimenzijo so poimenovali dimenzija prikritega gledišča (*concealed vantage point dimension*);
3. scene z gledišičem znotraj gozda, ki prikazujejo velika zrela drevesa, pogosto pa tudi pot med njimi. To dimenzijo so poimenovali dimenzija velikih dreves (*large trees dimension*).

Iz takega grupiranja scen je avtor razbral, da nista pomembni količina prostora ali organizacija elementov v prostoru. Pomembna je organizacija prostora glede na opazovalca oziroma možnost prikritega razgledišča (*refuge* po Appletonovi). Prav tako je za preferenco pomembna prisotnost velikih dreves. Napoved preferenc: za vsako od treh vsebinskih skupin scen so izračunali povprečno oceno za preferenco in za pojasnjevalne spremenljivke. Razlike med povprečnimi ocenami vsebinskih skupin so značilne pri primerjavi skupine velikih dreves z drugima dvema skupinama. Prisotnost posameznih dreves na sliki rahlo povečuje preferenco, prisotnost poti pa močno. Povezavo med preferenco in pojasnjevalnimi spremenljivkami so ocenjevali s povprečjem ocen po posameznih slikah. Povezave so ločeno analizirali za vsako od treh vsebinskih skupin. V prvi skupini so s preferenco najbolj korelirale prepoznavnost, koherentnost in prostornost. V drugi skupini nobena spremenljivka ni kazala izrazite korelacije. V tretji skupini so bile s preferenco dobro korelirane prepoznavnost, koherentnost, tekstura in skrivnostnost. Čas opazovanja je imel rahel vpliv na oceno preferenc. Pri dolgem opazovanju so bile ocene rahlo višje.

Fenton (1988) v svoji raziskavi poskuša prepoznati dimenzije, skozi katere si posameznik tolmači naravno okolje, ter povezati te dimenzije z estetsko percepcijo krajine. Vzorec za to raziskavo je predstavljalo 52 študentov, gledišča fotografij so bila slučajnostno locirana. Iz ocen študentov so najprej z metodo glavnih komponent identificirali pet najpomembnejših dimenzij krajine. Izkazalo se je, da večina uporablja iste dimenzije, vendar na različne načine (tj. všeč so jim različne krajine). Najpomembnejša dimenzija je bila razpon od odprtega travnika do zaprtega gozda (kar naj bi v evolucijskem smislu nakazovalo pomembnost savane

in gozda v zgodnjih evolucijskih stopnjah človeka). Druga dimenzija je bila razpon od neporaslih površin do poraslih, tretja razpon od vode do kopnega, četrta od naravnega do antropogenega in peta prisotnost poti (gl. Kaplanovo dimenzijo skrivnostnosti). V splošnem se je pokazalo, da imajo ljudje najraje krajino odprtih travnikov (dimenzija 1), ki so porasli (dimenzija 2), imajo nekaj vodnih teles (3), so naravni (4) in po njih vodijo poti (5). Taka preferenca se v evolucijskem kontekstu ne zdi nenavadna. Raziskava ni razjasnila, kaj je temeljna značilnost krajine, na kateri posamezni opazovalci utemeljujejo svoje estetske odzive – ali so to objektivno določljive lastnosti krajine ali pa je to (simbolni) pomen, ki ga pripisujejo krajinskim značilnostim.

Odnos med estetiko in ekološkimi funkcijami krajine, ki ga obravnavata Marušič in Pogačnik, je preučeval tudi Steinitz (1990). Z uporabo simulacijskega modeliranja je ugotavljal občutljivost obeh vidikov krajine na spremembe načina upravljanja s krajino. Izdelal je kompleksen GIS obravnavanega območja in izvedel intervjuje z 200 prebivalci in obiskovalci parka. Tako dobljene vizualne preference je poskušal pojasniti s petimi že obstoječimi napovedovalnimi modeli. Najvišji R^2 (50 %) je dosegel z modelom USDI – BLM. Nato je na podlagi izkušenj izdelal še lasten kompozitni model, ki se je odrezal najbolje (R^2 = 80 %). V njem je uporabil pojasnjevalne spremenljivke, ki so se najbolje izkazale v prej preučenih modelih: oblikovitost terena, vegetacija, voda, skrivnostnost, razvitost turistične infrastrukture, odsotnost zgradb ter globina razgleda. Ugotavljal je, kateri elementi krajine so najpomembnejši za vzdrževanje raznolikosti habitatov. Glede na način upravljanja krajine je definiral 12 različnih scenarijev in ugotovil njihove učinke na estetsko in ekološko delovanje krajine.

Fry in Sarlöv-Herlin (1997) obravnavata številne lastnosti gozdnega roba, ki vplivajo na njegove socialne funkcije (*amenity values*) – glede na kontekst te naloge pa navajamo le značilni prostorski lastnosti na ravni krajine. To sta:

- strukturna raznolikost gozdnega roba na ravni krajine (kombinacija vrstne in oblikovne raznolikosti), ki ponuja številne robne habitate in s tem povečuje raznolikost favne. Obstaja pozitivna korelacija med številom vidnih zaplat gozda in intenzivnostjo rekreacijskih aktivnosti;
- potek gozdnega roba – zavit potek ima večjo ekološko vrednost kot ravno začrtan rob. Enako velja tudi za vizualni vtis. Pomembna je tudi prilagojenost poteka lokalnim razmeram.

V prostorskem smislu je za vizualno kvaliteto in biološko raznolikost gozdnega roba najpomembnejše dvoje:

- potek roba naj bo kompleksen, hkrati pa tudi prilagojen krajini in kulturnemu izročilu;
- ostro začrtanemu gozdnemu robu je treba dopustiti nekaj metrov robnega zaraščanja v smeri kmetijskih površin. S tem omogočimo sukcesijske procese, ki ponujajo stabilen habitat rastlinskemu in živalskemu svetu ter hkrati mehčajo ostro razmejitev med gozdom in negozdom.

Pri metodi, ki jo je razvil Leitao (1997), gre za GIS-implementacijo ekspertnega modela vizualne zmogljivosti krajine (*landscape capacity – LC*) na podlagi dveh indikatorjev – vizualne kvalitete (*landscape visual quality – LVQ*) in vizualne ranljivosti (*landscape visual fragility – LVF*). LVQ je podana kot kombinacija estetske vrednosti (ki jo avtor strokovno določa sam na podlagi rabe tal) ter osvetljenosti kot funkcije reliefa. LVF je podana kot vidnost obravnavane površine. Vidnost neke površine in s tem njena LVF je tem večja, iz čim več točk je ta površina vidna. Zaradi računske zamudnosti je kot gledišče upoštevanih le 119 pomembnih točk. LC je nato produkt LVQ in LVF. Tak model nato omogoča simulacije vizualnih učinkov posegov v prostor prek njihovega vpliva na rabo tal in relief (ker avtor pri reliefu upošteva tudi višino določene rabe, na primer gozda). Pomankljivost raziskave se zdi to, da je avtor uporabljal strokovne ocene in utemeljeval GIS-model na predpostavkah brez jasne validacije njihove ustreznosti.

Nizozemska ima 30-letno tradicijo raziskovanja vizualnih vidikov krajine (t. i. fiziognomske študije). Osrednja tema je vrednotenje in kartiranje prostorskih kvalitet, kot sta odprtost (*enclosure*) in razgled (*viewshed*). Veer in Burrough (1978; cit. v Palmer in Roos-Klein Lankhorst 1998) pri fiziognomskih študijah ločita tri pristope:

1. prvi prepoznava oddelke oziroma razglede, kot jih označujejo v ZDA. Oddelek je definiran kot konkavno področje, katerega vse točke so med seboj vidne;
2. druga metoda raziskuje prostornost razgleda (*breadth of view*) oziroma analizira vidnost (kot jo imenujejo v ZDA), s čimer označuje razdaljo od gledalca do objekta, ki zakriva razgled. Analiza se ne osredotoča na krajino, ampak na gledišče;
3. tretja metoda temelji na sistematični inventurni mreži. V vsakem kvadratu sistematične mreže merimo atribute krajine.

Z izbiro pristopa je seveda povezano vprašanje, ali se osredotočiti na vrednotenje vizualnih kvalitet same krajine (torej na njeno intrinzično vrednost) ali na vrednotenje gledišča (torej na percepcijo opazovalca). Na Nizozemskem glede na oddaljenost od gledišča ločijo bližnje cone (do 500 m), srednje cone (do 1000 m) in ozadje (še dlje).

Primer raziskovanja vizualnih vidikov krajine na Nizozemskem sta Palmer in Roos-Klein Lankhorst (1998), ki se v svoji raziskavi ukvarjata z enim vidikom vizualne identitete krajine – odprtostjo (*enclosure*). Raziskava je zastavljena kot rigorozno modeliranje v GIS-okolju. Cilj je izdelati model prostornosti, ki je visoko koreliran z "dejansko" (tj. ocenjeno) prostornostjo. Model omogoča precej zanesljivo prostorsko identifikacijo odprtosti na podlagi gostote objektov (dreves, gozda, naselij). Gre torej za kvantitativno proceduro merjenja enega od prostorskih atributov krajine – odprtosti – na podlagi merjenja zapolnjenosti krajine z objekti. Enota, znotraj katere to merijo, je rastrski piksel, velik 250 x 250 m. Da je odprtost (*enclosure*), kot je definirana tu, res relevantna mera za neko lastnost krajine, dokazuje visoka korelacija z rezultati fotoanketiranja 36 krajinskih strokovnjakov, ki so ocenjevali prostornost (*spaciousness*) iste krajine na 72 fotografijah. Gozd so upoštevali kot poligon, drevorede so digitalizirali kot linije in jim pripisali 10 m širine. Upoštevali so tudi zgradbe in naselja. Karta je bila rastrirana z ločljivostjo 250 x 250 m, in za vsak piksel so izračunali deleže gozda, dreves ali zgradb. Prostornost/odprtost je definirana kot vsota teh deležev. Pomemben rezultat je bil že analiza povprečne zapolnjenosti s temi objekti posebej za vsako od študijskih območij. Za vsako od študijskih območij so izbrali po 12 fotografij in jih dali v oceno odprtosti skupini 36 strokovnjakov. Razgled na vsaki fotografiji so identificirali na rastrski karti in ga predstavili z 9 piksli. Prostornost teh pikslov so primerjali z ocenami in dobili visoko korelacijo. Izkazalo se je tudi, da je ločljivost 500 x 500 m pregroba, saj en piksel lahko hkrati vključuje odprt in zaprt prostor.

Malo podrobneje bomo predstavili ameriško metodo inventarizacije vidnih značilnosti krajine (USDI – BLM 2000). Gre za metodo, ki jo Lothian uvršča v objektivistično paradigmo. Metodo uporablja ameriški BLM – Bureau of Land Management (vladna ustanova, ki je v ZDA odgovorna za upravljanje z vsemi zemljišči v zvezni državni lasti) – za inventuro vizualnih kvalitet krajine (*Visual Resource Inventory – VRI*). VRI sama po sebi pa je le del širšega sistema upravljanja z vizualnimi resursi (*Visual Resource Management System*). VRI uvršča zemljišča v štiri razrede glede na oceno treh faktorjev: pejsažnih kvalitet (*Scenic Quality*), stopnje občutljivosti na spremembe (*Sensitivity Level*) ter cone oddaljenosti (*Distance Zones*). Ti štirje razredi so nato osnova za upoštevanje vizualnih kvalitet pri

planiranju gospodarjenja s krajino (*Resources Management Planning – RMP*). V okviru tega procesa se identificirajo tudi prostorske enote z določenim VRI-razredom, vsaki enoti pa se določi cilj gospodarjenja (*Visual Management Objective*). Prostorska podrobnost inventure je odvisna od tipa krajine. Podrobnost je tem večja, čim bolj je krajina raznolika in čim bolj je vidna (na primer krajina, vidna s ceste, je pomembnejša od one, ki ni vidna).

Pejsažna kvaliteta je mera vizualne privlačnosti krajine. Ocenjuje se glede na sedem ključnih faktorjev (Preglednica 3):

- oblikovitost terena – zanimivejša je strma in masivna topografija strožjih oblik;
- rastlinstvo – pomembne so raznolikost vzorcev, oblik, tekstur, pa tudi kratkotrajne slikovite fenofaze ali majhne značilnosti (na primer posamezna drevesa, viharniki ...);
- vodnatost – v pejsaž vnaša gibanje in vedrino;
- barve – raznolikost, kontrastnost, harmonija. Upoštevamo prevladujoče barve osnovnih gradnikov krajine (skale, vegetacija ...);
- bližnji sosednji pejsaži – okolje, ki še vpliva na preučevano pejsažno enoto, sega do 8 kilometrov daleč – odvisno od topografije, vegetacije ipd. Ta kriterij navadno uporabimo pri pejsažih, ki bi sicer dosegli nizko vizualno vrednost, sosednji pejsaži pa jim oceno izboljšajo;
- redkost: večjo vrednost imajo tipi krajin, ki so redki v obravnavani regiji. Pogosto je treba upoštevati tudi nenavadno kombinacijo sicer običajnih elementov;
- antropogene spremembe: lahko so negativne (odvračajo pogled od naravne krajine) ali pozitivne (dopolnjujejo ali izboljšujejo krajino).

Preglednica 3: Kriteriji za oceno pejsažnih kvalitet po USDI – BLM (2000).

Faktor	Kriterij in ocene		
oblikovitost terena	visok vertikalen relief, zelo vizualno vpadljivi elementi (5 točk)	manj dominanten strm relief, zanimive erozijske oblike, raznolikost velikosti in oblik (3 točke)	umirjeno gričevje brez posebnosti (1 točka)
rastlinstvo	raznolikost rastlinskih tipov, ki se kaže v zanimivih oblikah, vzorcih in teksturah (5 točk)	zmerna raznolikost z le enim ali dvema tipoma vegetacije (3 točke)	majhna raznolikost in kontrastnost rastlinskih tipov (1 točka)
vodnatost	(na videz) čista mirna ali divja voda, ki dominira v krajini (5 točk)	tekoča ali mirna voda, ki ne dominira (3 točke)	Vode ni ali ni vidna (0 točk).
barve	vegetacija, skalovje, voda, sneg ... bogatih in živih barvnih kombinacij, prijetni barvni kontrasti (5 točk)	zmerna intenzivnost in živost barv, ki ne dominirajo v krajini (3 točke)	manj opazna barvna raznolikost in majhen barvni kontrast, sivi toni (1 točka)
bližnji sosednji pejsaži	Sosednji pejsaži močno izboljšujejo vizualno kvaliteto (5 točk).	Sosednji pejsaži vizualno kvaliteto zmerno izboljšujejo (3 točke).	Sosednji pejsaži ne vplivajo na vizualno kvaliteto (0 točk).
redkost	Pejsaž je enkraten ali zelo redek v regiji, možnost opazovanja divjadi ali zanimive vegetacije (5 točk ali več).	značilen, vendar ne enkraten pejsaž (3 točke)	običajni pejsaž (1 točka)
antropogene spremembe	Pozitivno vplivajo na vizualno raznolikost in vizualno harmonijo (2 točki).	Nimajo pomembnega vpliva (0 točk).	Pospešujejo raznolikost, vendar niso skladne in motijo harmonijo (–4 točke).

Faktorje pejsažne kvalitete ocenjujemo v kontekstu in s primerjavo med pejsaži znotraj regije. Pomembni izhodišči sta:

- vsaka krajina ima neko vizualno vrednost, ki pa je odvisna od njene raznolikosti in skladnosti;
- pejsažno kvaliteto ocenjujemo glede na naravno krajino, pri čemer pa antropogeni objekti lahko vplivajo nanjo pozitivno ali negativno.

Plansko področje razdelimo v enote za ocenjevanje pejsažne kvalitete (*Scenic Quality Rating Units*), v nadaljevanju pejsažne enote. Osnova za to delitev so fiziografske lastnosti, podobnost vzorcev, teksture in barv, raznolikost ter podobni antropogeni vplivi. Velikost teh enot sega od 50 do nekaj tisoč ha in je odvisna od homogenosti krajine, zaželene podrobnosti inventure ter od pomembnosti krajine (tudi glede na javno mnenje).

Ocenjevanje pejsažnih kvalitet izvaja po možnosti interdisciplinarna skupina. Vsako pejsažno enoto ocenimo z več razgledišč, z oceno pa podajamo splošen vtis za celo enoto. Pejsažna enota dobi naslednjo oceno za pejsažno kvaliteto:

- A, če je vsota ocen po gornjih kriterijih 19 ali več,
- B, če je vsota ocen po gornjih kriterijih 12 do 18,
- C, če je vsota ocen po gornjih kriterijih 11 ali manj.

Stopnja občutljivosti (*Sensitivity Level*) se nanaša na stopnjo zaskrbljenosti javnosti za pejsažne kvalitete. Faktorji javne zaskrbljenosti so:

- vrsta uporabnikov krajine: na primer občudovalci naravnih znamenitosti so občutljivejši za negativne spremembe krajine kakor ljudje, ki se skozi krajino vsak dan vozijo v službo;
- intenzivnost rabe: pomen vizualne kvalitete z rabo narašča;
- javni interes: interes imajo lahko skupine na lokalni, regionalni ali državni ravni. Navadno se izraža na javnih sestankih, v medijih, planih rabe tal ipd.;
- sosednje rabe tal: na primer krajina v vidnem polju sosednjega naselja je občutljivejša kakor prazno zemljišče sredi industrijske cone;
- posebna območja: naravni parki, rezervati ipd. zahtevajo posebno obravnavo in zaščito. V takih primerih so cilji gospodarjenja podlaga oceni občutljivosti.

Metoda USDI – BLM ne določa standardnega postopka za razmejevanje enot za ocenjevanje stopnje občutljivosti (*Sensitivity Level Rating Units*), v nadaljevanju enot občutljivosti. Razmejevanje je odvisno od faktorja občutljivosti, ki je v danem primeru vodilni, pa tudi od con oddaljenosti (Preglednica 4). To pomeni, da je pred razmejevanjem potrebno analizirati gornje faktorje javne zaskrbljenosti. Za vsako enoto občutljivosti nato ocenimo vrednost faktorja javne zaskrbljenosti. Sumarna ocena stopnje občutljivosti je potem srednja vrednost parcialnih ocen.

Krajino razdelimo v tri cone oddaljenosti (*Distance Zones*) glede na relativno vidnost s prometnic in pomembnih razgledišč:

1. ospredje in srednja cona: 5 do 8 km oddaljena območja, vidna s prometnic, vodnih poti, razgledišč. Zunanja meja tega območja je podana kot razdalja, na kateri tekstura in oblika posameznih rastlin (dreves) ni več razpoznavna;
2. ozadje: vidna območja, oddaljena do 24 km. Zunanja meja tega območja je podana kot razdalja, na kateri je mogoče rastlinski pokrov razločiti še vsaj kot vzorec svetlejših in temnejših tonov (razdalja, na kateri je videti le še silhuete hribov, je prevelika);
3. redko videna cona: bližnja območja, ki jih zakrivajo relief, gozd ipd., ter zelo oddaljena območja.

Razvrščanje v razrede vizualne kvalitete (*Visual Resources Classes*) pomeni sintezo ocen pejsažnih kvalitet, stopenj občutljivosti in stopenj oddaljenosti (Preglednica 4). Namen te sinteze je

- inventura, ki naj prek inventurnih razredov vizualne kvalitete (*Visual Resources Inventory Classes*) poda relativno oceno vizualnih kvalitet,
- ponazarjanje ciljev gospodarjenja prek gospodarskih razredov vizualne kvalitete (*Visual Resources Management Classes*) v okviru planiranja gospodarjenja s krajino (*Resources Management Planning – RMP*).

Preglednica 4: Določanje inventurnih razredov vizualne kvalitete po USDI - BLM.

		Stopnja občutljivosti						
		Visoka			Srednja			Nizka
Posebna območja		I	I	I	I	I	I	I
Pejsažna kvaliteta	A	II	II	II	II	II	II	II
	B	II	III	III / IV *	III	IV	IV	IV
	C	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV
		Prva	Druga	Tretja	Prva	Druga	Tretja	Tretja
		Cona oddaljenosti						

*Če je sosednje področje v razredu III ali nižje, naj velja III, sicer velja IV.

Razred I podelimo vsem območjem, ki zahtevajo ohranitev naravnega stanja (naravni parki, rezervati ipd.). Razredi II, III in IV so rezultat sinteze ocen pejsažnih kvalitet, stopenj občutljivosti in stopenj oddaljenosti. Inventurni razredi vizualne kvalitete so nato osnova za dodelitev gospodarskih razredov vizualne kvalitete, kjer pa dodatno upoštevamo še vrednost

vizualnih kvalitet ter vpliv sprememb krajine (ali posegov v krajini) na vizualne kvalitete. V procesu planiranja se nato vsakemu gospodarskemu razredu določi cilje gospodarjenja.

8.2 GIS in prostorska analiza

Prvi matematični postopki za reševanje prostorskih problemov so se pojavili v tridesetih letih 20. stoletja z razvojem statističnih metod in kvantitativne geografije. Geografski informacijski sistem (GIS) pa je postal aktualen šele s pojavom računalnikov, ki so s svojo računsko močjo omogočili uveljavljanje do tedaj bolj ali manj teoretičnih konceptov kvantitativnega kartiranja in prostorske analize (Burrough in McDonnell 1998). Pionirji razvoja GIS-metod so se v šestdesetih letih 20. stoletja zbrali na Harvard Graduate School of Design; med njimi sta najbolj znana H. T. Fisher in C. Steinitz. Razvili so prve enostavne, vendar uporabne GIS-programe (SYMAP, GRID, MAP). V začetku se je GIS-tehnologija širila le počasi, kar lahko pripišemo visoki ceni opreme, pomanjkanju kadrov in slabemu zavedanju odločujočih ljudi o prednostih računalniško podprte prostorske analize. Stanje pa se je do devetdesetih let močno spremenilo. Vse več ljudi se zaveda smiselnosti učinkovite manipulacije zelo velikih količin prostorskih podatkov, hitro razvijajoča se računalniška tehnologija, ki omogoča hitro in ceneno procesiranje in shranjevanje informacij je postala dostopna širokemu krogu uporabnikov, na trgu programske opreme pa se je iz velike množice ponudnikov izkristalizirala majhna skupina najuspešnejših, kar uporabnikom olajšuje probleme pri integraciji sistemov in izmenjavi podatkov. Ne navsezadnje se je povečala tudi ponudba prostorskih podatkov v digitalni obliki, kjer je treba še posebej omeniti številne satelite za opazovanje zemeljskega površja, ki vsakodnevno zagotavljajo že skoraj neobvladljive količine podatkov. Vse to je povzročilo, da je GIS danes postal svetovni trend, ki postaja del t. i. paradigme informacijske družbe.

GIS je sistem, ki omogoča zajem, upravljanje, analizo, modeliranje ter prikaz prostorsko opredeljenih podatkov in je namenjen reševanju zapletenih problemov načrtovanja rabe prostora in upravljanja s prostorom. Sestavljajo ga strojna in programska oprema ter podatki in algoritmi (znanje). Čeprav nekateri programi, kot so AutoCAD ali razni statistični paketi, znajo uporabljati prostorske podatke, pa GIS premore tudi sposobnost, da nad podatki izvaja prostorske operacije.

Dobro definirane geografske pojave lahko na kratko opišemo s *kaj*, *koliko* in *kje*. Mnogi geografski pojavi pa nimajo jasnih meja ali se jim meje s časom spreminjajo (na primer gozd

ali kmetijske površine). Zato obstajata dva glavna načina geografske členitve prostora v manjše dele, primerne za analizo (Burrough in McDonnell 1998):

- členitev na objekte (*entities*), ki imajo jasne meje, določeno množico lastnosti (atributov), običajno jim je določena najmanjša površina kartiranja (*minimal mapping unit – MMU*);
- opis pojavov z zveznimi polji (*continuous fields*), kjer se lastnosti v prostoru zvezno spreminjajo in kjer MMU ni podana.

Vsak od teh načinov ima svoje prednosti. Pri členitvi na objekte je mogoče nedvoumno določiti položaj in lastnosti, zato je tak način ponazoritve običajno vabljivejši za državno administracijo in za predstavitev antropogenih pojavov v prostoru. Predstavitev pojavov z zveznimi polji pa je navadno primernejša za vede, ki preučujejo prostorske procese v naravnem okolju. Glede na način geografske členitve prostora GIS pozna vektorski in rastrski podatkovni model. Pri vektorskem modelu je prostor predstavljen kot množica enot – točk, linij in ploskev, ki so predstavljene s pari koordinat X, Y. Te enote imajo lahko določeno topologijo, lahko pa so predstavljene tudi kot prostorski objekti, med katerimi obstajajo relacije (Molenaar 1998). Zvezna polja je mogoče predstaviti tudi z vektorskim podatkovnim modelom (s pomočjo izolinij), vendar pa v primeru zveznih polj rastrski model ponuja bogatejše možnosti manipulacije s podatki. V rastrskem GIS so podatki predstavljeni kot pravokotna matrika, katere celice oziroma piksli predstavljajo diskretizirano zvezno polje in je nad njimi mogoče izvajati operacije, ki se nanašajo na posamezni piksel, ali pa operacije izvajamo na podlagi informacij, ki jih vsebujejo piksli v soseščini. Piksel je skovanka iz angleških besed *picture element* in pomeni najmanjšo enoto informacije na (daljinsko) zaznani sliki ali rastrskem GIS-sloju (ESRI 2001). Diskretizacija zveznega polja na posamezne piksle je tem manj moteča, čim višja je prostorska resolucija podatkov oziroma čim manjši so piksli (s čimer pa pri konstantnem geografskem obsegu seveda narašča masa podatkov). Z rastočo zmogljivostjo računalnikov to postaja vse manjši problem. Zaraščanje z gozdom, ki ga preučujemo v tej nalogi, spada med naravne pojave s slabo definiranimi mejami v prostoru, ki se s časom spreminjajo, zato se bomo v nadaljevanju omejili na rastrski podatkovni model.

Rastrski GIS omogoča mnogovrstne operacije nad podatkovnimi sloji, ki jih Chou (1996) deli v naslednje štiri skupine:

- lokalne funkcije, ki se nanašajo na posamezne piksle (na primer seštevanje vrednosti, zapisanih v istoležnih pikslih dveh podatkovnih slojev). Lokalne funkcije niso omejene le na aritmetične operacije, možne so tudi trigonometrične, eksponencialne in logaritmične funkcije ter razne druge (na primer MAX funkcija, katere rezultat je maksimalna vrednost izmed istoležnih pikslov);
- fokalne funkcije, ki posameznemu pikslu priredijo vrednost glede na vrednosti njegovih sosedov (na primer modus filter ugotavlja najbolj zastopano kategorijo v soseščini, na primer 5 x 5 pikslov, in jo zapiše v osrednji piksel ter tako izbriše majhne, izolirane skupinice oziroma tematsko karto generalizira). Fokalne funkcije vključujejo med drugim aritmetično sredino, standardni odklon ipd.;
- conalne funkcije, ki operirajo nad skupinami pikslov enake vrednosti, ki so lahko prostorsko povezani ali pa tudi ne. Običajno conalna funkcija zahteva dva podatkovna sloja: enega, ki definira velikost, obliko in lokacijo vsake cone, in drugega, ki vsebuje podatke za analizo. Znotraj cone lahko računamo vsote, povprečja, ekstreme, računamo lahko obseg con ipd.;
- globalne funkcije, kjer je vrednost rezultata za vsak piksel odvisna od celotnega rastrskega sloja. Primer je računanje evklidkse razdalje, kjer piksel dobi vrednost, ki je enaka njegovi oddaljenosti od najbližjega ciljnega piksla. Računamo lahko tudi t. i. cenovno razdaljo (*cost distance function*), kjer je cena potovanja do najbližjega piksla odvisna tako od oddaljenosti kot tudi od upora, ki ga premikanju nudi površina. Na podlagi cenovne razdalje lahko na primer izračunamo pot najmanjših stroškov med dvema točkama.

8.3 Daljinsko zaznavanje naravnega okolja in digitalna obdelava slik

Daljinsko zaznavanje je proces zbiranja podatkov o elementih krajine brez neposrednega fizičnega stika. Daljinsko zaznavanje delimo na aerofotogrametrijo in satelitsko detekcijo, katere prednost so večinoma senzorji za digitalno snemanje slik, kar olajšuje analizo slik (z izjemo zgodnjih vohunskih satelitov, ki so snemali še na film). Senzorji zaznavajo objekte na Zemljinem površju na podlagi odbitega elektromagnetnega sevanja v različnih delih spektra. Snemanje večinoma teče hkrati v več delih spektra (t. i. multispektralno snemanje), kar nam omogoča lažje prepoznavanje objektov. V primerjavi s cikličnimi aerosnemanji imajo satelitska snemanja tudi prednost, da so bolj ažurna, s čimer laže sledimo nenadnim dogodkom, kot so na primer gozdni požari, vetrolomi ipd. Po drugi strani pa je kvaliteta aerofotogrametričnega snemanja boljša kot pri satelitskem snemanju.

Obstajajo številne vrste satelitov. Njihova uporabnost in kvaliteta sta odvisni od ločljivosti senzorja. Pri digitalnih satelitskih slikah poznamo štiri vrste ločljivosti (Jensen 1996):

1. radiometrična ločljivost se nanaša na občutljivost senzorja za prejeto sevanje in pove, za koliko se mora jakost sevanja spremeniti, preden senzor zazna spremembo. Od tega je odvisno, koliko stopenj sevanja lahko senzor zabeleži. Dobra radiometrična ločljivost je zaradi relativno majhnih razlik v albedu raznih tipov gozdne vegetacije še posebej pomembna za uporabo satelitskih posnetkov v gozdarstvu. Primer senzorja z nizko radiometrično ločljivostjo je pankromatski senzor na satelitu IRS-1C, ki loči le $2^6 = 64$ sivinskih stopenj (6-bitna ločljivost), nasprotno pa senzor na satelitu IKONOS zazna $2^{11} = 2048$ stopenj (11-bitna ločljivost);
2. prostorska ločljivost ustreza najmanjši razdalji med dvema objektoma, pri kateri ju na sliki še lahko ločimo med seboj. Pri digitalnih satelitskih slikah je podana kot velikost slikovnega elementa (piksla), izražena na terenu v metrih;
3. spektralna ločljivost se nanaša na število in širino pasov elektromagnetnega spektra, ki jih senzor lahko zabeleži. Enako kot pri prostorski ločljivosti je tudi pri večanju spektralne ločljivosti razločevanje med elementi v krajini vse lažje. Čim več značilnosti poznamo, s katerimi lahko opišemo posamezne vrste krajinskih elementov

na sliki, večja je verjetnost, da najdemo neko značilnost, po kateri se določen element razlikuje od vseh ostalih. Multispektralni senzorji snemajo zemeljsko površje v več delih spektra hkrati, hiperspektralni senzorji pa v zelo velikem številu pasov (več kot 200), kar za vsako točko na posnetku omogoča skoraj zvezno beleženje določenega dela spektra in s tem zanesljivejše prepoznavanje objektov zgolj na podlagi spektralnih vrednosti;

4. časovna ločljivost označuje čas, ki ga potrebuje satelit, da ponovno posname isto lokacijo. Ta vrsta ločljivosti postane pomembna predvsem, ko raziskujemo spremembe v prostoru in času. Večkratno zbiranje podatkov nam omogoča zasledovanje sprememb skozi čas.

Z večanjem radiometrične, prostorske, spektralne in časovne ločljivosti vse lažje pridemo do točnih, podrobnih in uporabnih informacij o objektu, ki nas zanima. Pomanjkljivost pri tem je, da potrebujemo vse zmogljivejši računalniški sistem, vse zmogljivejše algoritme za obdelavo slik, več časa za obdelavo ter več znanja (Jensen 1996). Zato je smiselno, da pred začetkom analize ocenimo, kakšna je najmanjša ločljivost, ki še zadošča potrebam naše analize. Na voljo so številni komercialni sateliti, Preglednica 5 pa našteva lastnosti tistih senzorjev, ki jih najpogosteje uporabljamo za raziskave v regionalnem merilu. Od teh je Landsat TM (predvsem zaradi nizke cene posnetkov) najprimernejši za velikoprostorske inventure, kartiranja rabe tal in krajinske analize, SPOT pogosto uporabljamo za kartiranje gozdnega roba, oceno posledic ujm, kot podlago tematskih kart za presojo vplivov na okolje ter urbano planiranje, IRS-1C pa je zaradi visoke prostorske ločljivosti primeren za podrobnejše raziskovanje sprememb rabe tal, hidrologije, topografije in urbano planiranje. Tako SPOT kot IRS-1C imata sposobnost stereosnemanja, kar nam omogoča tudi izdelavo digitalnega modela reliefa.

Preglednica 5: Značilnosti nekaterih najpomembnejših satelitov v optičnem in IR delu spektra za raziskave v regionalnem merilu

Satelit	Landsat TM	SPOT	IRS-1C
Prostorska ločljivost	30 m (VIS, IR)* 120 m (TIR)	10 m (PAN) 20 m (VIS, IR)	5,8 m (PAN) 23 m (VIS, NIR) 70 m (SWIR)
Spektralni obseg	0,45-12,5 µm	0,51 - 0,73 µm (PAN) 0,50 - 0,89 µm (VIS, IR)	0,50 - 0,75 µm (PAN) 0,52 – 1,70 µm (VIS, NIR)
Število kanalov	6 (VIS, IR) 1 (TIR)	1 (PAN) 3 (VIS, IR)	1 (PAN) 4 (VIS, NIR, SWIR)
Časovna ločljivost	16 dni	26 dni (3 dni z usmerjanjem)	24 dni (5 dni z usmerjanjem)
Velikost slike	185 x 172 km	60 x 60 km	70 x 70 km (PAN) 142 x 142 km (VIS, NIR, SWIR)
Stereo zmožnost	ne	da	da

* VIS = vidni del spektra, IR = infrardeči del spektra, NIR = bližnji IR, SWIR = kratkovalovni IR, TIR = termični IR

Daljinsko zaznane podatke lahko analiziramo na več načinov; te v grobem ločimo na (1) vizualne oziroma analogne tehnike, ki jih uporabljamo pri natisnjenih slikah (t. i. fotointerpretacija), ter na (2) postopke za numerično oziroma digitalno obdelavo slik.

Najpogosteje uporabljeni slikovni elementi pri fotointerpretaciji so (Hočevar 1993):

1. direktni elementi, ki so odraz značilnosti objekta. To so sivinski ali barvni toni, oblike, dimenzije, sence, struktura (vzorec) in tekstura;
2. indirektni (asociativni) elementi, ki se nanašajo na odnos objekta do njegovega okolja. Na podlagi korelacij in asociacij nam omogočajo prepoznavanje objektov in pojavov, ki na sliki niso direktno vidni.

Človek kot fotointerpretator se še posebej odlikuje pri ploskovni interpretaciji, ki zahteva sintezo raznolikih slikovnih elementov ter upoštevanje dodatnih informacij in znanja. Vse to mu omogoča ne le prepoznavanje objekta, ampak tudi presojo pomena objekta. Problem človeškega interpretatorja v primerjavi z računalnikom pa je počasnost, subjektivnost in slaba ponovljivost rezultatov. Fotointerpretator ni zmožen hkrati upoštevati več kot treh spektralnih pasov, prav tako pa ni sposoben kvantitativno upoštevati polne radiometrične ločljivosti slike.

Digitalna obdelava slik je postopek manipulacije in interpretacije slik s pomočjo računalnika. Razvijati se je začela v šestdesetih letih 20. stoletja pri analizi skeniranih aeroslik, pravi uspeh pa je doživela šele z izstrelitvijo satelita Landsat 1 leta 1972 (Lillesand in Kiefer 1994). Omogoča hitro in ceneno analizo podatkov ter avtomatizirano predstavitev rezultatov v

kartografski in tabelarni obliki. Objekte prepoznavamo na osnovi spektralnih vrednosti posameznih pikslov, v zadnjem času pa se razvijajo tudi metode, ki zmorejo upoštevati tudi ploskovne elemente, kot so oblike, dimenzije, struktura in stereoskopski efekt (Hočevar 1993). Cilj digitalne obdelave slike je pridobiti informacije, ki na sliki niso očitne na prvi pogled ali pa jih je z drugimi sredstvi oziroma iz drugih virov mnogo teže pridobiti. Digitalno obdelavo slik delimo na tri glavne faze: predpripravo slike (*preprocesing*), izboljšanje slike (*enhancement*) in analizo oziroma pridobivanje informacij iz slike (Jensen 1996).

Predpriprava slike vključuje radiometrično in geometrično korekcijo (Hočevar 1996). Cilj radiometrične korekcije je odstraniti učinke napak senzorja ter učinke neugodnih okoljskih vplivov (neenakomerna osvetlitev površja zaradi reliefa ter atmosferske motnje), ki oboji zmanjšujejo tako zmožnost fotointerpretacije kot tudi zmožnost kvantitativne analize slike. Rezultat radiometrične korekcije naj bi v idealnem primeru bila slika, kjer so likovne vrednosti zgolj odraz spreminjanja pokrovnosti površja Zemlje. Geometrična korekcija pa je proces, pri katerem točke na sliki vpnemo v referenčni koordinatni sistem ali pa jih pripnemo na neko drugo, že georeferencirano sliko. Tako lahko korigiramo projekcijsko napako, ki nastane zaradi nevertikalnosti snemanja, ter radialno napako, ki nastopi zaradi višinskih razlik reliefa. Taka korekcija je potrebna, če naj bodo meritve smeri, razdalje ali površine na sliki točne.

Obstajajo mnogi načini izboljšanja digitalne slike. Razvrstimo jih lahko v dve skupini: točkovne in lokalne operacije. Prve spremenijo vrednost posameznega piksla neodvisno od njegovih sosedov, lokalne operacije pa vrednost piksla spremenijo tudi glede na njegovo bližnjo okolico. Najpogostejše vrste izboljšave so zmanjševanje ali povečevanje slike, (ne)linearno prilagajanje kontrastov, tvorjenje kvocientov med spektralnimi pasovi, prostorsko filtriranje, fourierevе transformacije, analiza glavnih komponent ter teksturne tranformacije (Jensen 1996).

Prvo predstavo o vsebini satelitskega posnetka si ustvarimo s tvorjenjem t. i. RGB-barvne kompozitne slike, pri čemer določeno kombinacijo treh slikovnih kanalov prikažemo kot rdečo (R), zeleno (G) in modro (B) komponento barvne slike. Zaradi sipanja svetlobe na drobnih delcih v atmosferi, na katero sta najobčutljivejši modra, pa tudi zelena svetloba, v RGB-barvno kompozitno sliko navadno združimo rdeči (in morda zeleni) pas vidnega dela spektra ter pas ali dva iz infrardečega (IR) dela spektra. Tako sicer dobimo lažne barve (*false – colour RGB composite*), vendar pa bistveno boljše barvne kontraste (prim. Slika 5). Včasih že taka slika zadošča za vizualno fotointerpretacijo (prim. Hočevar in sod. 2001).

V nasprotju z analogno fotointerpretacijo, kjer lahko izkoristimo vse slikovne elemente, pa pri tradicionalnih načinih digitalne analize slike upoštevamo le primarne slikovne elemente – tj. vrednost spektralnega odboja oziroma DN (*digital number*) vrednost. Ti načini se naslanjajo na parametrične metode prepoznavanja spektralnih razredov (določene spektralne vrednosti, ki opisujejo določen informacijski razred), in sicer z nenadzorovano ali nadzorovano klasifikacijo (Hočevar 1993, Richards 1993). Pri tem je vsak slikovni piksel predstavljen kot vektor v n-dimenzionalnem prostoru, kjer stopnja sivinskega tona vsakega slikovnega kanala (oziroma spektralnega pasu) predstavlja eno dimenzijo, n pa je število slikovnih kanalov. Piksli, ki pripadajo posameznemu razredu pokrovnosti, se v takem multispektralnem prostoru grupirajo v informacijski razred (tj. razred pokrovnosti, ki je definiran v interpretacijskem ključu). V praksi pa zaradi določene spremenljivosti spektralnih vrednosti znotraj istega razreda pokrovnosti en informacijski razred združuje več spektralnih razredov. Lahko je tudi obratno – en spektralni razred obsega več informacijskih razredov. To se zgodi, ko satelitska slika ne omogoča razločevanja teh informacijskih razredov. Na izbiro imamo dvoje: ali take informacijske razrede agregiramo v širše razrede, ali pa v postopek analize vključimo dodatne podatke – na primer multitemporalne posnetke ali pa tematske GIS-sloje.

Nenadzorovana klasifikacija temelji na združevanju – navadno s pomočjo gručanja (*cluster analysis*) – spektralno podobnih pikslov v spektralne razrede. To združevanje izvedemo a priori, tj. brez vnaprejšnjega vedenja o informacijskih razredih, ki so prisotni v študijskem območju. Operater mora nato v fazi poimenovanja (*labeling stage*) določiti pomen spektralnih razredov oziroma jih povezati z informacijskimi razredi. Čeprav je ta faza za operaterja zamudna, pa načeloma zahteva manj napora kot določanje kvalitetnih trenažnih podatkov za nadzorovano klasifikacijo.

Prepoznavanje spektralnih razredov je zaradi delovne intenzivnosti problem, ki mu je pozornost posvečalo mnogo avtorjev. Zeff in Merry (1993) sta poimenovanje izpeljala interaktivno s prekrivanjem RGB-satelitske slike s sliko, ki prikazuje spektralne razrede, ter hkratnim upoštevanjem lokacije posameznega spektralnega razreda v dvodimenzionalnem spektralnem prostoru (Landsat TM – kanala 3 in 4). Velik pomen sta dala interpretatorjevemu poznavanju terena. Stoms in sod. (1998) so določali vegetacijski pokrov iterativno s pomočjo vegetacijskih kart. Metoda naj bi bila neobčutljiva na variabilnost zaradi različne fenologije v posameznih letih. Vogelmann in sod. (1998) so v severovzhodnem delu ZDA za členjenje preširokih spektralnih razredov uporabili RGB-kompozitno sliko Landsat TM, aeroposnetke ter dodatne GIS-podatke (senčen relief, raba tal, gostota naseljenosti itd.). Metoda je

učinkovita in daje konsistentne rezultate, vendar zahteva veliko interpretatorjevih intervencij in je delovno zelo intenzivna. Izredno časovno zahtevnost faze poimenovanja potrjuje tudi Belward (1995), ki poroča o porabljenih nekaj človek-letih za interpretacijo spektralnih razredov za zelo generalizirano globalno karto pokrovnosti.

Postopek nadzorovane klasifikacije poteka obratno kot pri nenadzorovani klasifikaciji. Vnaprej poznamo spektralne značilnosti informacijskih razredov, ki smo jih ugotovili s primerjavo znanih razredov pokrovnosti na trenažnih ploskvah ter spektralnega odboja na ustreznih delih satelitskega posnetka. Na podlagi teh informacij nato uvrstimo vse preostale piksle na posnetku. Nadzorovana klasifikacija temelji na predpostavki, da je vsak spektralni razred mogoče opisati z verjetnostno porazdelitvijo v multispektralnem prostoru. Taka porazdelitev ima v največkrat uporabljenem algoritmu največje verjetnosti (*maximum likelihood*) obliko Gaussove porazdelitve. Podaja verjetnost, da določen razred najdemo na določeni točki v tem prostoru, verjetnost za vsak razred pa je podana s povprečnim vektorjem in kovariančno matriko (Richards 1993). Če torej poznamo ti dve vrednosti za vse razrede, lahko vsak piksel klasificiramo glede na to, kateremu razredu najverjetneje pripada. Pred fazo klasifikacije pa moramo seveda poznati povprečne vektorje in kovariančne matrike; to ugotovimo v trenažni fazi iz reprezentativnega vzorca pikslov, za katere poznamo informacijske razrede (pokrovnost). Izbor in izboljševanje trenažnih podatkov sta odločilna za uspešnost in točnost klasifikacije in predstavljata časovno zelo zahtevno fazo. Informacijske razrede z multimodalno distribucijo je treba razcepiti na več razredov, po drugi strani pa moramo združiti informacijske razrede, ki so si spektralno preveč podobni. Klasifikacijo tako izboljšujemo s postopnim popravljanjem trenažnih podatkov. Pogosto trenažni piksli niti ne predstavljajo vseh možnih razredov v vhodnih slikovnih podatkih, zato uporabimo neki prag za diskriminantno funkcijo, in piksli, ki v trenažnih podatkih niso ustrezno predstavljeni, ostanejo neklasificirani.

V literaturi je mnogo zgledov uporabe nadzorovane klasifikacije. Fuller in sod. (1994) so izdelali karto pokrovnosti in rabe tal Velike Britanije. Za vsako sliko Landsat TM so na terenu identificirali 1200 trenažnih ploskev. Večina informacijskih razredov je zaradi svojih spektralnih značilnosti terjala delitev v podrazrede (teh je bilo do 80 na vsaki sliki), na primer zaradi različne osvetljenosti v razgibanem reliefu ali zaradi različnih fenofaz. Podrazrede so v postklasifikaciji združili v končne razrede. Reuther in sod. (1996) so z nadzorovano klasifikacijo multitemporalnih slik Landst TM klasificirali 100.000 ha smrekovih gozdov v razrede glede na mešanost, starost, sklep krošenj in poškodovanost. Trenažne informacije so

dobili iz 40 stereoparov CIR-aeroslik, na katerih so izločili 1000 stratumov. Od teh so jih 400 opisali s terenskim ogledom. Ugotovili so, da je zaradi zamenjevanja kmetijskih in urbanih rab z gozdom potrebno v prvi fazi klasifikacije najprej ločiti gozd in negozd. Trenažne informacije za to fazo so zajeli iz tematskih kart. Zaradi motečega vpliva zasenčenosti reliefa so morali trenažne površine ločevati glede na osvetlitev terena. Ugotavljajo tudi, da bi svoje rezultate lahko izboljšali z dodatno stratifikacijo glede na razvojne faze na osnovi gozdarskih kart. Bucha (1997) je uporabil nenadzorovano klasifikacijo za izdelavo gozdne karte Slovaške, ki razločuje gozd/negozd, delež iglavcev/listavcev, starost in osutost. Trenažne ploskve je zajel na RGB-kompozitni sliki Landsat TM ter iz gozdnogospodarskih načrtov. Pred klasifikacijo je izvedel tudi topografsko normalizacijo slikovnih podatkov z regresijo DN-vrednosti glede na senčeno sliko reliefa.

Naštete parametrične metode klasifikacije slik so primerne le za numerično podane podatke, ki pa pogosto vendarle ne vsebujejo vseh potrebnih informacij za kakovostno (tj. točno in vsebinsko podrobno) klasifikacijo. Mnoge dodatne informacije pa vsebujejo tematski GIS-sloji (na primer geološke, pedološke, hidrološke karte ipd.). Za obdelavo teh informacij je potreben drugačen pristop, saj imajo nekateri GIS-sloji zvezne merske skale, drugi pa vsebujejo diskretne podatke. Rezultati raziskav kažejo, da tak pristop omogoča pomembno izboljšanje rezultatov klasifikacije v primerjavi s konvencionalnimi metodami (Richards 1993). Gre za še vedno precej eksperimentalno področje, kjer se še ni izoblikoval konsenz o najprimernejšem pristopu. Avtorji predlagajo različne metode – od neparametrične različice nadzorovane klasifikacije največje verjetnosti (Skidmore 1998) prek vodene klasifikacije na osnovi pravil, ki so lahko vsebovana v ekspertnem sistemu (t. i. *rule-based* klasifikacije; Skidmore in sod. 1996, Wilson 1997, Vogelmann in sod. 1998, Chalifoux in sod. 1998), do uporabe strojnega učenja, kamor med drugim spadajo nevronske mreže (Civco 1993, Bruzzone in sod. 1997, Gong 1996, Skidmore in sod. 1997) ter avtomatizirana gradnja baz znanja za ekspertne sisteme za klasifikacijo (Al-garni 1994, Huang in Jensen 1997, Friedl in Brodley 1997, Huang 1998, Friedl in sod. 1999, Hansen in sod. 1999).

Pri vodeni klasifikaciji procesorju predamo v obdelavo prostorske podatke skupaj z bazo znanja (ekspertni sistem), ki smo jo pridobili od strokovnjaka in jo preoblikovali v računalniku razumljivo obliko – na primer kot sosledje logičnih IF – THEN pravil. Za uvrstitev piksla v določen razred včasih zadostuje eno pravilo, včasih pa kombinacija več pravil. Dani primer (kombinacijo vrednosti vhodnih podatkov) lahko pokrivajo različna pravila. Mehanizem sklepanja v algoritmu iz baze znanja izbere tisto izmed vseh pravil, ki

dani primer pokriva in hkrati nudi največjo oporo za odločitev (Richards 1993). Baza znanja tipično vsebuje desetine ali stotine takih pravil. Metodo vodene klasifikacije so v kombinaciji z nenadzorovano klasifikacijo učinkovito uporabili Vogelmann in sod. (1998) za poimenovanje spektralnih razredov s pomočjo dodatnih GIS-podatkov. Skidmore in sod. (1996) so logična pravila uporabili za klasifikacijo talnih tipov. Bazo znanja so pridobili od strokovnjakov za pedologijo.

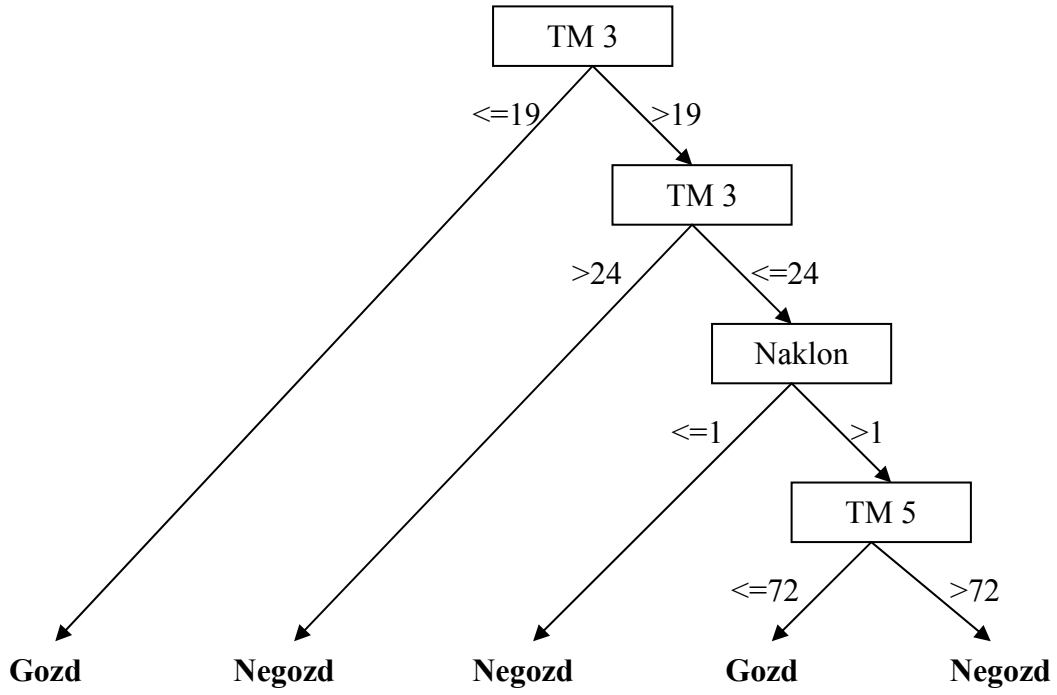
Na področju GIS in daljinskega zaznavanja so ekspertni sistemi že dolgo deležni pozornosti, vendar je njihov glavni problem ozko grlo pri zbiranju znanja in njegovi pretvorbi v obliko, primerno za računalnik (*knowledge acquisition bottleneck*). Strojno učenje kot eno od obetavnih polj znotraj področja umetne inteligence se razvija kot odgovor na problem ozkega grla pri zajemanju znanja za ekspertne sisteme in predstavlja tudi nov trend na področju GIS in daljinskega zaznavanja. Cilji strojnega učenja so v splošnem (Huang 1998):

1. razvrstiti neznane primere na podlagi podobnih, že rešenih primerov,
2. izboljšati rezultate klasifikacije na podlagi prejšnjih napak,
3. pridobivanje novih sposobnosti na podlagi opazovanja in oponašanja ekspertov.

Strojno učenje zajema več pristopov, od katerih naj omenimo le dva najpomembnejša za področje daljinskega zaznavanja. To sta učenje z nevronskimi mrežami ter simbolno učenje. Nevronska mreža je sistem enot, podobnih nevronom, ki sprejemajo signale in jih pretvorjene pošiljajo naprej. Nevronsko mrežo označujejo njena topologija, algoritem učenja, predstavitev vhodnih podatkov in njeni rezultati. Simbolno učenje kot druga podvrsta strojnega učenja iz množice primerov, ki opisujejo neki koncept, izdela posplošen opis tega koncepta. Tak opis (ki je lahko v obliki klasifikacijskih pravil, pogosto pa v obliki odločitvenih dreves) lahko uporabimo za klasifikacijo ali napovedovanje. Bistvena razlika med obema pristopoma je, da nevronska mreža vključi novo znanje implicitno (preoblikuje svojo strukturo), simbolni pristop pa znanje predstavi eksplicitno v obliki logičnih pravil, ki jih lahko vključimo v bazo znanja ekspertnega sistema. Prednost nevronskih mrež je, da bolje obvladajo šum v podatkih, prednost simbolnega učenja pa je intuitivna razumljivost generiranih pravil. Študije kažejo, da relativno enostavna pravila, dobljena s simbolnim učenjem, dajejo enako točne rezultate kot zelo kompleksne nevronske mreže (Huang 1998). Do sedaj je na področju strojnega učenja prevladovala uporaba nevronskih mrež, simbolno učenje pa prihaja v ospredje v zadnjem času, saj je primerno za avtomatsko generiranje baz znanja za ekspertne sisteme. Obe opisani metodi sta neparametrični, kar pomeni, da ne predpostavljata določene porazdelitve

populacije. Obdelata lahko podatke v različnih merskih skalah, ki so povrhu lahko medsebojno odvisni. To pa so prav lastnosti, ki jih potrebujemo, če v klasifikacijo multispektralnih podatkov vključimo tudi GIS-baze podatkov. Algoritmi strojnega učenja so sposobni prepoznavati kompleksne nelinearno ločljive razrede.

Klasifikacija z odločitvenimi drevesi (Slika 1) je metoda, ki je bila uspešno uporabljena že na zelo raznolikih področjih klasifikacije. Na področju daljinskega zaznavanja pa je bila testirana šele nedavno, ko je vrsta avtorjev dokazala, da je metoda robustna in učinkovita za klasifikacijo pokrovnosti ter da daje dokaj točne rezultate (Quinlan 1986, Al-garni 1994, Hansen in sod. 1996, Huang in Jensen 1997, Friedl in Brodley 1997, DeFries in sod. 1998, Huang 1998, Friedl in sod. 1999, Varlyguin in sod. 2001). Pomembna prednost odločitvenih dreves za področje daljinskega zaznavanja je njihova manjša občutljivost za šum v podatkih. Odločitvena drevesa napovedujejo vrednost diskretne odvisne spremenljivke na podlagi vrednosti neodvisnih spremenljivk, ki so lahko zvezne (na primer naklon terena ali sivinski ton slike) ali pa diskretne (na primer lastništvo ali tip tal). Podlaga za učenje je reprezentativna množica trenažnih podatkov, ki opisuje realni sistem. Pri običajni metodi induktivnega učenja odločitvenih dreves, tj. od vrha navzdol (*top down induction of decision trees* TDIDT), algoritem napreduje rekurzivno, začenši s celotno množico trenažnih primerov. Pri vsakem koraku kot koren (pod)drevesa izbere najbolj informativno neodvisno spremenljivko ter množico razdeli glede na vrednosti te spremenljivke. Pri diskretnih spremenljivkah se tvori veja za vsako vrednost spremenljivke, pri zveznih pa algoritem ugotovi ustrezni prag. Gradnja drevesa se zaustavi, ko so klasificirani vsi trenažni primeri ali ko je zadovoljen kak drug kriterij za ustavljanje. Končne veje drevesa imenujemo listi. Pomemben mehanizem, ki preprečuje pretirano prilagajanje dreves trenažnim podatkom (*over-fitting*), je obvejevanje (*prunning*). Običajno v ta namen določimo minimalno število primerov, ki ga mora opisovati vsak list drevesa, ali pa določimo stopnjo zaupanja za ocene točnosti posameznih listov. Obstaja vrsta sistemov za indukcijo odločitvenih dreves iz primerov, na primer CART (Breiman in sod., 1984), ASSISTANT (Cestnik in sod. 1987) in C4.5 (Quinlan 1993). Med njimi je najbolj poznan C4.5, njegov naslednik C5 (Quinlan 1998) pa je trenutno najbolj izpopolnjen sistem za indukcijo odločitvenih dreves. Verzija C5, ki deluje v okolju MS Windows, se imenuje See5.



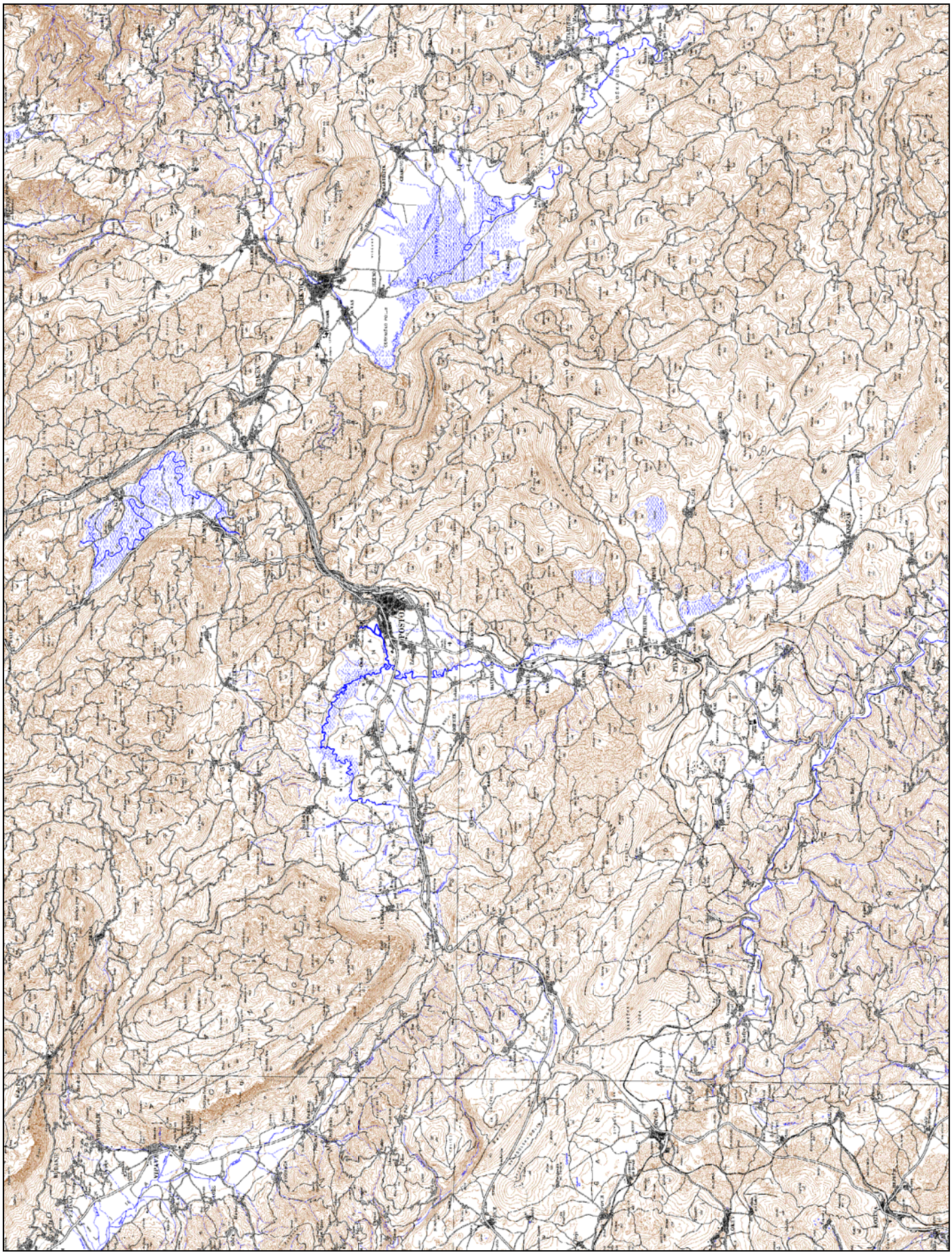
Slika 1: Primer enostavnega odločitvenega drevesa

9 ŠTUDIJSKO OBMOČJE

Študijsko območje (Slika 2) obsega 47 km x 34 km (159.800 ha) in zajema širše območje občin Cerknica, Postojna, Pivka in Divača (Slika 3). Gauss-Krügerjeve koordinate za severozahodni vogal študijskega območja znašajo 5416000, 5084000, za jugovzhodni vogal pa 5463000, 5050000. Jugozahodna Slovenija, kamor sodi naše študijsko območje, je znana po neugodnih naravnih okoliščinah za kmetijsko obdelavo, zato je tu zaraščanje v slovenskem merilu najizrazitejše (Cunder 1997).

Območje glede na naravnogeografsko regionalizacijo (Gabrovec in sod. 1998) pokriva dele dveh makroregij (Dinarski in Sredozemski svet) in dele desetih submakroregij (Slika 3) in je še posebej raznoliko glede na:

- relief (razgiban relief v smeri Trnovski gozd–Javorniki oziroma ravnine, kot na primer Planinsko polje ali Cerkniško jezero),
- rastlinski pokrov (obsežni strnjeni gozdovi, mokrišča, travišča, njive),
- rabo tal (celotni spekter od intenzivnega kmetijstva v Vipavski dolini do zaraščajočih se travnikov in gozda v Dinarskem svetu) ter
- gospodarski in prometni pomen (razvijajoče se območje blizu glavnih prometnih osi oziroma gospodarsko in demografsko depresivna periferna območja).

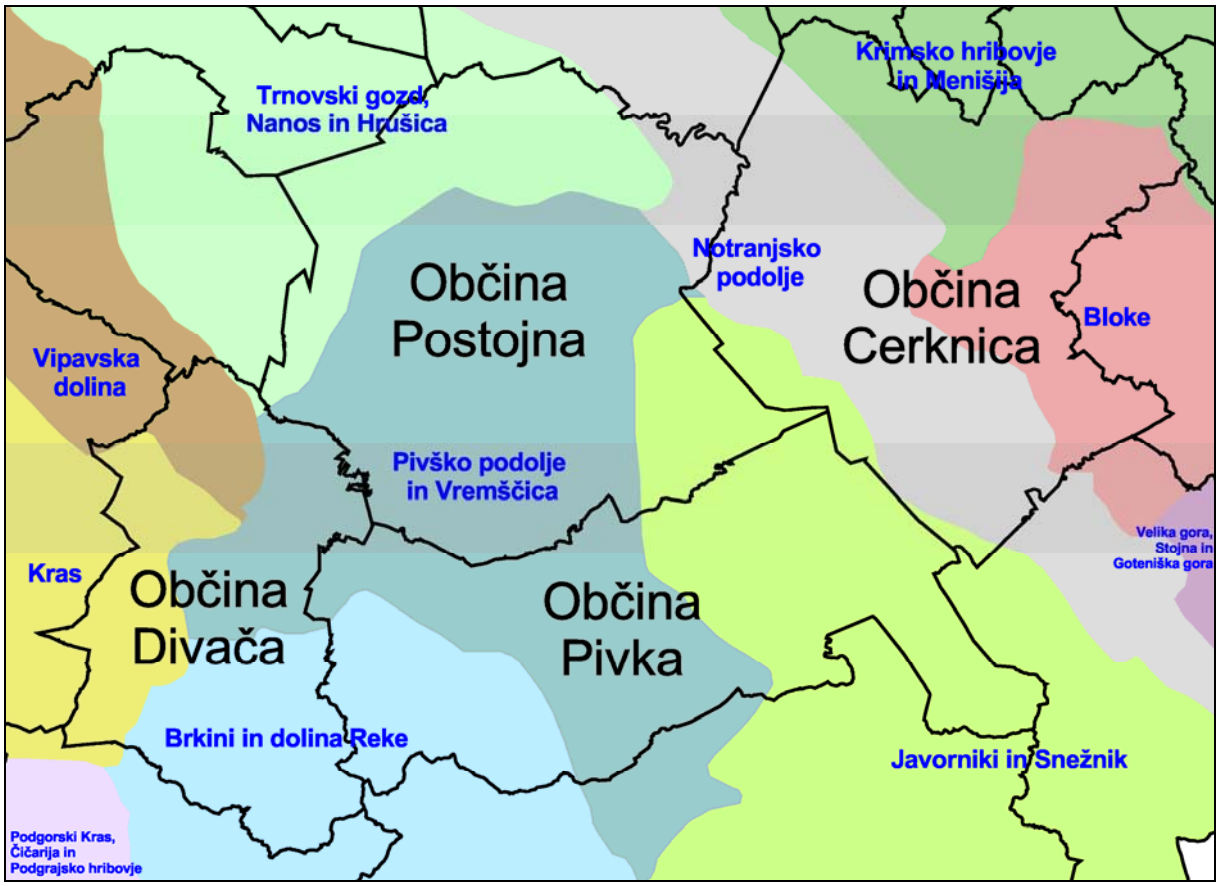


0 10 km

Slika 2: Študijsko območje (topografska karta Geodetske uprave RS)

Marušič (1998) za ta prostor navaja naslednje krajinske značilnosti:

1. Pivška planota:
    a. glavne posebnosti prostora: valovit relief, presihajoča jezera, odprtost prostora, tradicionalna kmetijska krajina, gradovi, turistično območje (Postojnska jama);
    b. vrednotenje: državni simbolni pomen imajo pobočja Nanosa in Hrušice (na pobočjih izrazito zaraščanje, značilna pozidava Strmec in Landol, Predjama – grad) ter Postojnska kotlina (jama). Lokalni simbolni pomen: pašniki in vasice zahodnih obronkov Postojnske kotline, kraško zaledje zgornjega toka Pivke (močvirja in presihajoča jezera), suhe doline Knežaka (izrazit dinarski kras, kmetijska krajina s členjenim gozdom).
2. Cerkniško območje:
    a. glavne posebnosti: vodnato kraško površje, izjemni kraški pojavi, poselitev na robovih kraških polj, dobra orientacija v prostoru;
    b. vrednotenje: državni simbolni pomen imajo Planinsko polje (meandriranje Unice, zanimivi vegetacijski členi, kmetijska zemljišča), Loško polje (sožitje med naravno ohranjenimi deli ob vodotoku in kmetijskimi površinami) in Cerkniško polje (uvrščeno med izjemne krajine).
3. Velika notranjska planota:
    a. glavne posebnosti: reliefna raznolikost, odmaknjenost, prvobitnost, vodnatost, razglednost, odprtost ravnin, odprta kmetijska krajina, vezana na vasi in cerkve;
    b. vrednotenje: državni simbolni pomen ima širše območje Loškega potoka (globel pri Retju je izjemna krajina). Območje Blok in Nove vasi je regionalnega pomena (ohranjene močvirne ravnice in potoki, kraški relief, prilagojenost rabe tal naravnim danostim).
4. Snežnik z Javorniki: gozdnati vrhovi, vrtače z vegetacijskim obratom, naravna prvobitnost, odmaknjenost, neposeljenost.



Slika 3: Meje upravnih občin v raziskovalnem območju in naravnogeografska razdelitev po Gabrovcu in sod. (1998).

10 METODA DELA

10.1 Uvod

Nalogo metodološko delimo v dva glavna dela:

1. kartiranje zaraščanja in napoved bodočega zaraščanja po trendu ter
2. izdelava in primer uporabe modela za vrednotenje vizualne kvalitete kulturne krajine.

Zaraščanje smo zabeležili kot razliko med situacijo gozdnega roba v dveh obdobjih. Pozornost smo posvetili predvsem metodi, ki naj omogoči čim racionalnejšo velikoprostorsko in periodično kartiranje ažurnega stanja gozdnega roba. Uporabili smo metodo numerične tematske klasifikacije slike satelita Landsat TM s kombinirano uporabo tehnik nenadzorovane klasifikacije ter vodene reklasifikacije z uporabo logičnih pravil.

Metoda za prostorsko določeno vrednotenje vizualne kvalitete kulturne krajine temelji na modeliranju estetskih preferenc in kriterijev s pomočjo fizičnih kazalnikov zaraščanja in reliefa, zajetih v GIS-slojih. Zamisli smo dobili tako od mentorja (Pogačnik 2000b) kot tudi iz nekaterih zgoraj povzetih virov (USDI – BLM 2000, Herzog 1988, Palmer in Roos-Klein Lankhorst 1998, Pogačnik 1996). Metoda je prilagojena velikopovršinskim obravnavam in je mišljena kot pomoč za odločanje o ravnanju s površinami v zaraščanju in po drugi strani kot orodje za usmerjanje podrobnejših (strokovnih) krajinskih analiz na konkretne problematične lokacije. V tem smislu na koncu prikazujemo tudi primer uporabe te metode pri izbiri prednostnih območij za varovanje sedanje podobe krajine.

Večina uporabljenih podatkovnih slojev v našem geografskem informacijskem sistemu prikazuje pojave, ki se v prostoru zvezno spreminjajo. Poligonski vektorski podatkovni model, ki prikazuje ostro razmejena homogena območja, zato za naš namen ni bil primeren. Uporabili smo rastrski podatkovni model, ki z določeno prostorsko ločljivostjo približno ponazarja kontinuirane pojave v prostoru. V nasprotju z vektorskim modelom, kjer ima lahko vsak poligon množico atributov, ki prikazujejo različne pojave, rastrski model zahteva poseben sloj za vsak pojav. Analizo smo izpeljali pri prostorski ločljivosti 25 m, ki temelji na podrobnosti najpodrobnejših uporabljenih podatkov na karti gozda za leto 1975 ter sliki satelita Landsat TM iz leta 1995. Hkrati je to okrogla vrednost, ki omogoča pretvorbe s celim

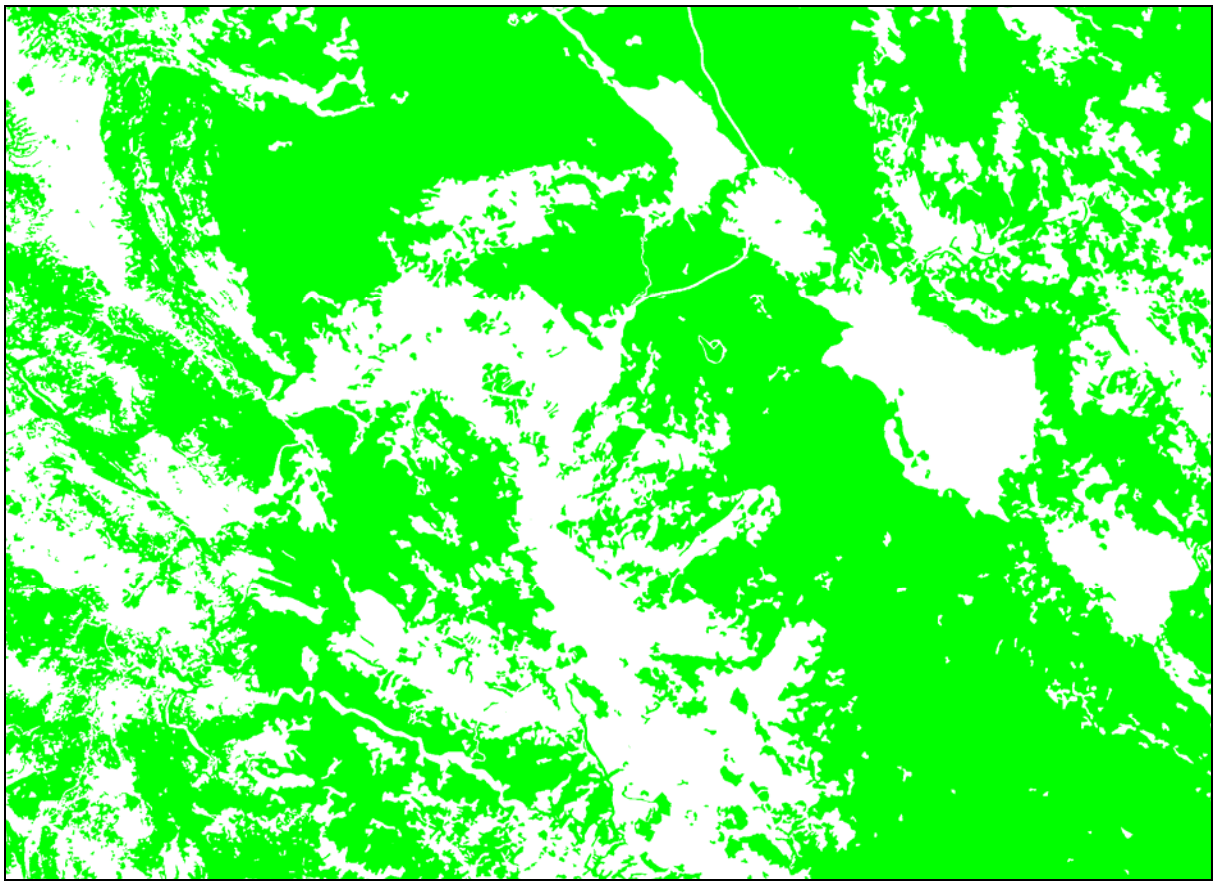
faktorjem na bolj grobo ločljivost in v manjša merila. Študijsko območje, ki je veliko 47 x 34 km, je torej prekrito z rastrom 1880 x 1360 pikslov.

10.2 Inventura zaraščanja v obdobju 1975 - 1995

Dosedanje zaraščanje smo ugotovili kot presek (razliko) med nekdanjim in današnjim gozdnim robom oziroma s primerjavo dveh kart gozda.

10.2.1 Priprava karte gozda za leto 1975

Karto iz leta 1975 smo pripravili z združitvijo geokodiranih skenogramov gozdnega sloja topografskih kart v merilu 1 : 50.000, ki jih je izdala Geodetska uprava RS (GURS) leta 1981. Gozdni rob na tej karti je bil povzet iz temeljnega topografskega načrta v merilu 1 : 5.000 (TTN5) iz različnih let, vendar lahko kot srednje leto zajema na TTN5 privzamemo sredino sedemdesetih let, gozdni rob pa ne zajema grmišč (Kos 2000). Ta gozdni sloj ima sicer izrezano masko za ceste, kar pa smo popravili z ročnim retuširanjem s programom Adobe Photoshop. Slednjič smo karti povečali dimenzijo piksla (zmanjšali prostorsko ločljivost) na 25 m, kolikor znaša tudi ločljivost vseh ostalih uporabljenih GIS-slojev. GIS-sloj gozdnega roba za leto 1975 prikazuje le dva splošna razreda – gozd in negozd.



Slika 4: Karta gozda za leto 1975

10.2.2 Priprava karte gozda za leto 1995

Karto gozda za leto 1995 smo izdelali z numerično klasifikacijo ortorektificiranega posnetka satelita Landsat TM. Ta po svoji prostorski in radiometrični ločljivosti (Preglednica 5) ustreza našemu namenu in tudi merilu preučevanja. Za pregled situacije gozda v letu 1995 bi lahko sicer uporabili že katero od obstoječih prostorskih baz podatkov, predvsem GIS-sloj gozdnega roba Zavoda za gozdove ali pa GIS-sloj CORINE Land Cover (Hočevar in sod. 2001, EC 1993). Žal nista bila ustrezna za preučevanje zaraščanja na lokalni do regionalni ravni, prvi predvsem zaradi neažurnosti, drugi pa zaradi prevelike prostorske posplošitve, pa tudi zaradi nekaterih kompozitnih razredov pokrovnosti, ki vsebujejo tako gozd kot negozd.

Glavni cilj tega dela naloge je bil vpeljati časovno in stroškovno učinkovito metodo kartiranja gozdnega roba, ki naj bi temeljila na kombinaciji že prej znanih tehnik klasifikacije. Metoda naj bi bila uporabna tudi zunaj ožjega študijskega območja, zato temelji na splošno dostopnih satelitskih in GIS-podatkih. Uporabili smo tako tehnike nenadzorovane klasifikacije

(gručanje) kot tudi nadzorovane klasifikacije (strojno učenje odločitvenih dreves). Slednjo smo dopolnili z upoštevanjem interpretatorjevega znanja in tako izboljšali rezultate.

Zaradi kontinuiranega in velikopovršinskega procesa zaraščanja ni mogoče začrtati jasne meje med gozdom in negozdom niti v naravi niti na satelitski sliki. Med obdelano kmetijsko površino in gozdom obstaja več prehodnih sukcesijskih faz. Vseh na sliki Landsat TM ni mogoče razločiti niti niso zanimive za naš namen. Glede na nomenklaturo baze CORINE Land Cover (CLC), ki je – kot bo vidno v nadaljevanju – eden od glavnih GIS-slojev v naši analizi, smo se odločili za naslednje štiri informacijske razrede v končni nomenklaturi karte gozda za leto 1995:

1. negozd,
2. opuščeni travnik,
3. grmišče,
4. gozd.

Razred negozd smo zaradi njegove heterogenosti dodatno razčlenili na podrazrede neporaslo, voda, mokrišče, obdelano, tako da smo v vmesnih fazah klasifikacije obravnavali sedem razredov pokrovnosti. Šele v končni fazi smo sedem razredov ponovno agregirali nazaj v štiri glavne razrede.

Klasifikacija je bila sestavljena iz dveh glavnih zaporednih faz (Slika 6):

1. nenadzorovane klasifikacije multispektralne slike Landsat TM in
2. vodene klasifikacije na podlagi pravil z upoštevanjem dodatnih GIS-slojev.

Želeli smo kolikor le mogoče racionalizirati ves postopek, zato smo avtomatizirali nekatere faze, ki navadno jemljejo največ časa. To smo storili z uporabo strojnega učenja, pri čemer smo privzeli bazo CLC kot referenčni vir podatkov. Ta je po eni strani precej posplošena, saj ima najmanjšo površino kartiranja omejeno na 20 ha, vendar pa pokriva celotno študijsko področje in ima nomenklaturo s 44 razredi pokrovnosti oziroma rabe tal (Dodatek 4). S tem zagotavlja splošen pregled nad rastlinskim pokrovom študijskega območja. Predpostavka naše metode klasifikacije je, da navkljub določeni prostorski in vsebinski posplošitvi in do neke mere subjektivnemu kartiranju baza CLC vendarle implicitno vsebuje dovolj informacij, da jo je mogoče uporabiti kot referenco v fazi poimenovanja nenadzorovane klasifikacije ter v fazi strojnega učenja odločitvenih dreves. Drugi pomemben vir informacij pri oblikovanju odločitvenih dreves je bilo znanje interpretatorja. Preden pa smo bazo CLC uporabili v

klasifikaciji, smo njene številne razrede agregirali v splošnejše (poimenovali smo jih CLC_G-razredi), ki so bolj relevantni za našo nalogo (Preglednica 6). Nekatere (sestavljene) CLC razrede smo v obravnavi zanemarili – ti so označene s kodo 0 (Preglednica 6).

Posnetek Landsat TM (EC 1997) je bil narejen 26. julija 1995 (podrobnosti gl. Dodatek 5) in je bil na našem študijskem območju povsem brez oblakov. Predhodno je že bil uporabljen za pripravo baze CLC. Uporabili smo geometrično korigirano verzijo posnetka, ortorektifikacijo posnetka je za projekt CLC opravilo podjetje NLR (National Aerospace Laboratory 1997) iz Nizozemske (Slika 5). Sami smo opravili še radiometrično korekcijo, s katero smo zmanjšali vpliv neenake osvetlitve zaradi topografije reliefa.

Preglednica 6: Agregacija originalnih CLC razredov (Dodatek 4) v bolj splošne CLC_G razrede referenčne baze podatkov o pokrovnosti

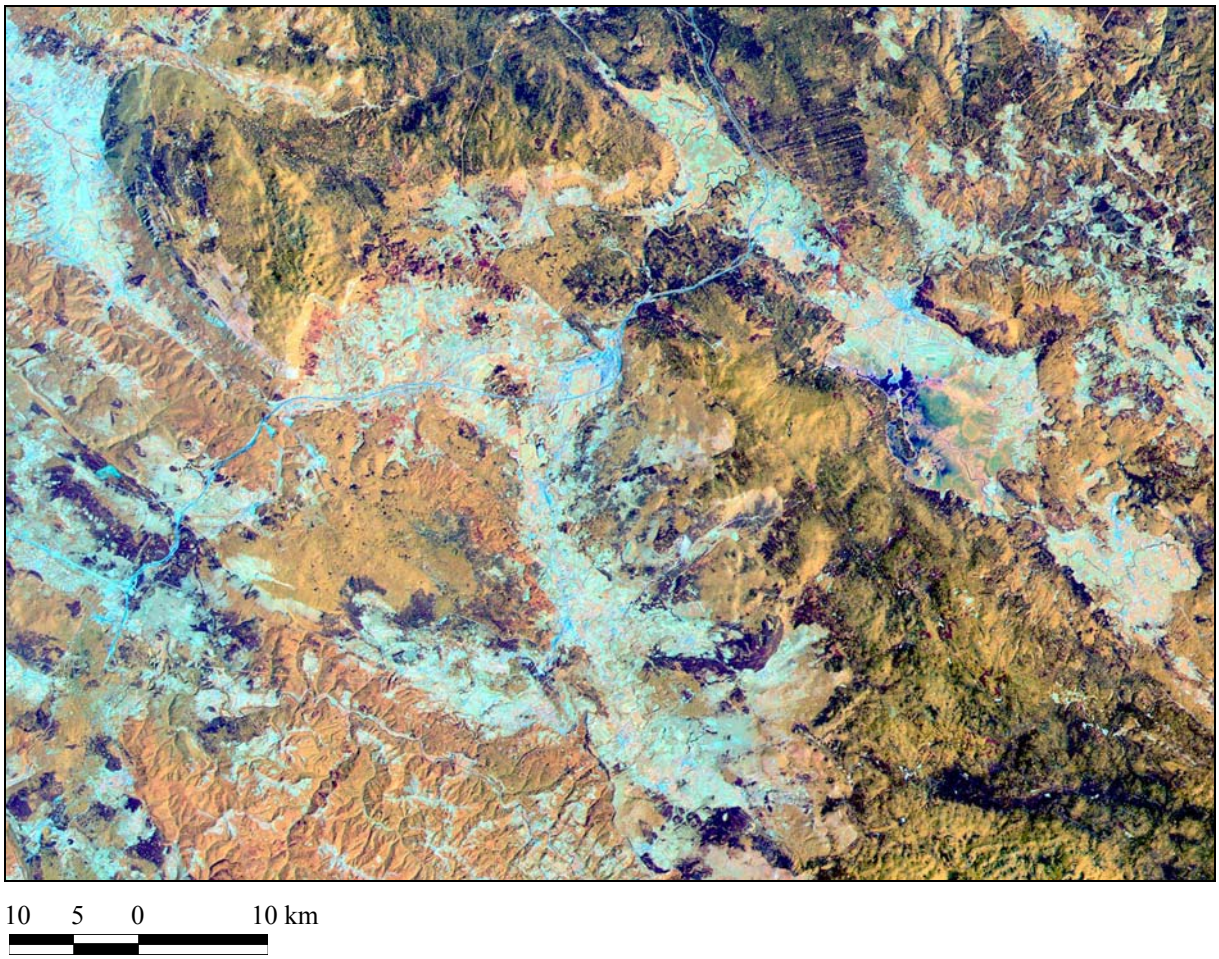
CLC	CLC_G
111	Neporaslo
112	Neporaslo
121	Neporaslo
122	Neporaslo
123	Neporaslo
124	Neporaslo
131	Neporaslo
132	Neporaslo
133	Neporaslo
141	0
142	0

CLC	CLC_G
211	Obdelano
212	Obdelano
221	Obdelano
222	Obdelano
223	Obdelano
231	Obdelano
242	Obdelano
243	0

CLC	CLC_G
311	Gozd
312	Gozd
313	Gozd
321	Opušč. travnik
322	Gozd
323	Grmišče
324	Grmišče
331	Neporaslo
332	Neporaslo
333	Opušč. travnik
334	Grmišče
335	Neporaslo

CLC	CLC_G
411	Mokrišče
412	Mokrišče
421	Mokrišče
422	Mokrišče

CLC	CLC_G
511	Voda
512	Voda
521	Voda
522	Voda
523	Voda



Slika 5: Ortorektificirana slika (RGB kompozit slikovnih kanalov 4, 5 in 3) satelita Landsat TM, posneta 26. julija 1995 ob 9:56

10.2.2.1 Vhodni podatki

V postopku klasifikacije smo uporabili tiste od razpoložljivih GIS-rastrskih slojev, za katere smo domnevali, da bi lahko prispevali k pojasnitvi pokrovnosti (Preglednica 7).

Preglednica 7: GIS sloji, vključeni v klasifikacijo pokrovnosti za leto 1995

GIS sloj	Pomen
CLC_G	Površinski pokrov – agregirani CLC razredi (gl. Dodatek 4); to je referenčni GIS sloj
NENADZOR_REZ	Rezultat 1. faze klasifikacije (nenadzorovana klasifikacija)
GOZD75	Prisotnost / odsotnost gozda v letu 1975 (GURS 1995b)
DMR	Digitalni model reliefa s horizontalno ločljivostjo 100 x 100 m (GURS 1995a), interpoliran na 25 x 25 m
NAKLON	Naklon reliefa, izražen v stopinjah, izpeljan iz DMR
LAPLACE	Razgibanost reliefa, izpeljana z Laplace filtrom iz DMR
INSOLACIJA	Letna globalna insolacija [MJ/m2] (Gabrovec 1996)
POP_GOSTOTA	Gostota prebivalstva, izražena na ravni geografske mezoregije (Perko in sod. 1998)
POP_STAR_INDEKS	Razmerje prebivalstva pod 20 / nad 60 let (prilagojeno iz Perko in sod. 1998)
ODD_NAS_AC	Oddaljenost od najbližjega naselja ali avtocestnega odseka [m], izpeljana iz (GURS 1995b)
ODD_VODA	Oddaljenost od najbližjega vodotoka ali jezera [m], izpeljana iz (GURS 1995b)
ODD_JEZERO	Oddaljenost od najbližjega jezera [m], izpeljana iz (GURS 1995b)
TM2	Ortorektificirani in topografsko normalizirani kanali slike LANDSAT TM, posnete 26 julija 1995 (EC 1997, NLR 1997)
TM3	
TM4	
TM5	
TM7	
NDVI	Vegetacijski indeks NDVI = (TM4 – TM3) / (TM4 + TM3); indeks je izračunan iz slikovnih kanalov pred topografsko normalizacijo

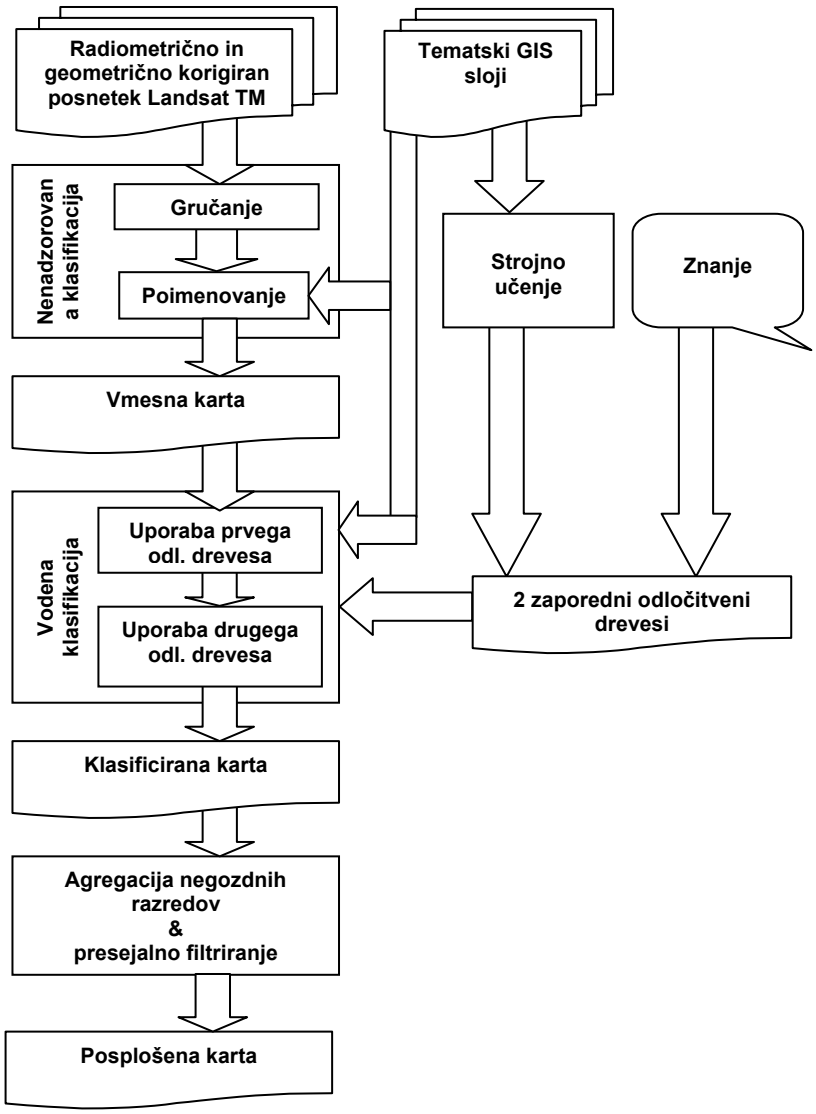
10.2.2.2 Radiometrična korekcija satelitskega posnetka

Geometrično korigirano satelitsko sliko smo še radiometrično korigirali, da bi zmanjšali vpliv spremenljive osvetljenosti. Zaradi zapletenosti smo se odločili, da zanemarimo korekcijo atmosferskih vplivov, opravili pa smo topografsko normalizacijo (korekcijo neenake osvetljenosti zaradi vplivov reliefa). Uporabili smo Minnaertovo metodo (Smith in sod. 1980), implementirano v programu SILVICS 1.0 (N. McCormick, Joint Research Centre, Ispra, Italija). Topografske spremenljivke smo izpeljali iz rastrskega digitalnega modela reliefa s horizontalno ločljivostjo 100 x 100 m (GURS 1995).

10.2.2.3 Klasifikacija satelitskega posnetka

Proces klasifikacije je bil sestavljen iz nenadzorovane klasifikacije, tej pa je sledila nadzorovana klasifikacija z odločitvenimi drevesi, ki smo jo pripravili s pomočjo strojnega učenja. Sledila je agregacija negozdnih razredov in nato generalizacija majhnih površinic s presejalnim filtriranjem (Slika 6). V prvi fazi – nenadzorovani klasifikaciji – smo z gručanjem

uvrstili slikovne piksle kanalov 2, 3, 4, 5 in 7 v "naravne", jasno razmejene spektralne razrede. Kanal 1 smo izpustili iz analize zaradi meglice, ki se najbolj kaže v modrem delu spektra, ter zaradi precejšnjih motenj zaradi *stripping* efekta, ki je posledica neenakomernega odziva satelitskega senzorja v posameznem slikovnem kanalu (Lillesand in Kiefer 1994). Kanal 6 smo izpustili, ker prikazuje odboj v termalnem IR-delu spektra, in to z ločljivostjo 120 m. Za grupiranje v spektralne razrede smo uporabili program PCI/ISOCLUS, ki uporablja metodo Isodata (Tou in Gonzales 1974). Identificirali smo 119 spektralnih razredov.



Slika 6: Potek klasifikacije satelitske slike

Kot smo že omenili v poglavju 8.3, je poimenovanje spektralnih razredov delovno najzahtevnejša faza nenadzorovane klasifikacije. Zapletenost tega opravila hitro narašča s

številom spektralnih razredov in z raznolikostjo krajine, ki jo slika prikazuje. Postopek smo močno poenostavili s tem, da smo za vsak spektralni razred ugotovili porazdelitev CLC_G-razredov in spektralni razred nato poimenovali po najbolj zastopanem CLC_G-razredu. Vmesna karta, ki je tako nastala, je vsebovala še precej napak. Nekateri spektralni razredi so se nanašali na več informacijskih razredov (CLC_G), kar je potrjevalo, da nekaterih informacijskih razredov ni mogoče kvalitetno izločati zgolj na podlagi multispektralnih podatkov. Vendarle pa je ta vmesna karta predstavljala dober prvi približek kot osnovo za končno fazo klasifikacije z odločitvenimi drevesi.

V drugi fazi klasifikacije – nadzorovani klasifikaciji – smo uporabili dodatne informacije, vsebovane v tematskih GIS slojih (Preglednica 7) in na njihovi osnovi zgradili dve odločitveni drevesi, ki sukcesivno izboljšujeta rezultat nenadzorovane klasifikacije. Odločitveni drevesi smo zgradili interaktivno s kombiniranjem rezultatov strojnega učenja iz primerov (z znanim CLC_G razredom) ter znanja interpretatorja. Poglavje 8.3 podrobneje razlaga princip strojnega učenja odločitvenih dreves. Za strojno učenje smo uporabili program See5 firme RuleQuest, ki implementira algoritem C5 (Quinlan 1998).

Stopnja vzorčenja za trenažni vzorec je bila 5-odstotna (127.537 primerov oziroma pikslov). Izbrali smo stratificiran slučajnostni vzorec, pri čemer je bilo število primerov enako za vsak stratum. Izbrana stopnja vzorčenja je največja, ki je zagotavljala enakovredno zastopanost tudi majhnih stratumov in je bila hkrati še možna pri razpoložljivi računalniški opremi – pri programu See5 omejitev velikosti trenažnega vzorca postavlja količina RAM spomina v računalniku. Študijsko območje smo stratificirali na podlagi dveh kriterijev: (1) baze CLC, agregirane v osem splošnejših informacijskih razredov (Preglednica 8) ter (2) globalne letne insolacije (Gabrovec 1996). Pri slednji smo razpon vrednosti pri mediani razdelili v dva razreda – na senčni in sončni del reliefa. Na ta način smo dobili 16 stratumov (Preglednica 9), kot kandidate za trenažni vzorec pa smo upoštevali le tiste piksle, ki se nahajajo dlje kot 100 m od meje stratuma (Slika 7). S tem smo se izognili možnim problemom nejasne pripadnosti pikslov na mejah CLC-poligonov, ki bi lahko nastopila zaradi nenatančnega razmejevanja, ki se pojavlja zaradi pravil generalizacije v bazi CLC.

Preglednica 8: Prvi kriterij stratifikacije za trenažni vzorec

CLC	Kriterij 1
111	Nerodovitno
112	Nerodovitno
121	Nerodovitno
122	Nerodovitno
123	Nerodovitno
124	Nerodovitno
131	Nerodovitno
132	Nerodovitno
133	Nerodovitno
141	Mešani CLC razredi - ne vzorčimo
142	Mešani CLC razredi - ne vzorčimo

CLC	Kriterij 1
211	Njive, travniki, trajni nasadi
212	Njive, travniki, trajni nasadi
221	Njive, travniki, trajni nasadi
222	Njive, travniki, trajni nasadi
223	Njive, travniki, trajni nasadi
231	Njive, travniki, trajni nasadi
242	Njive, travniki, trajni nasadi
243	Mešani CLC razredi - ne vzorčimo

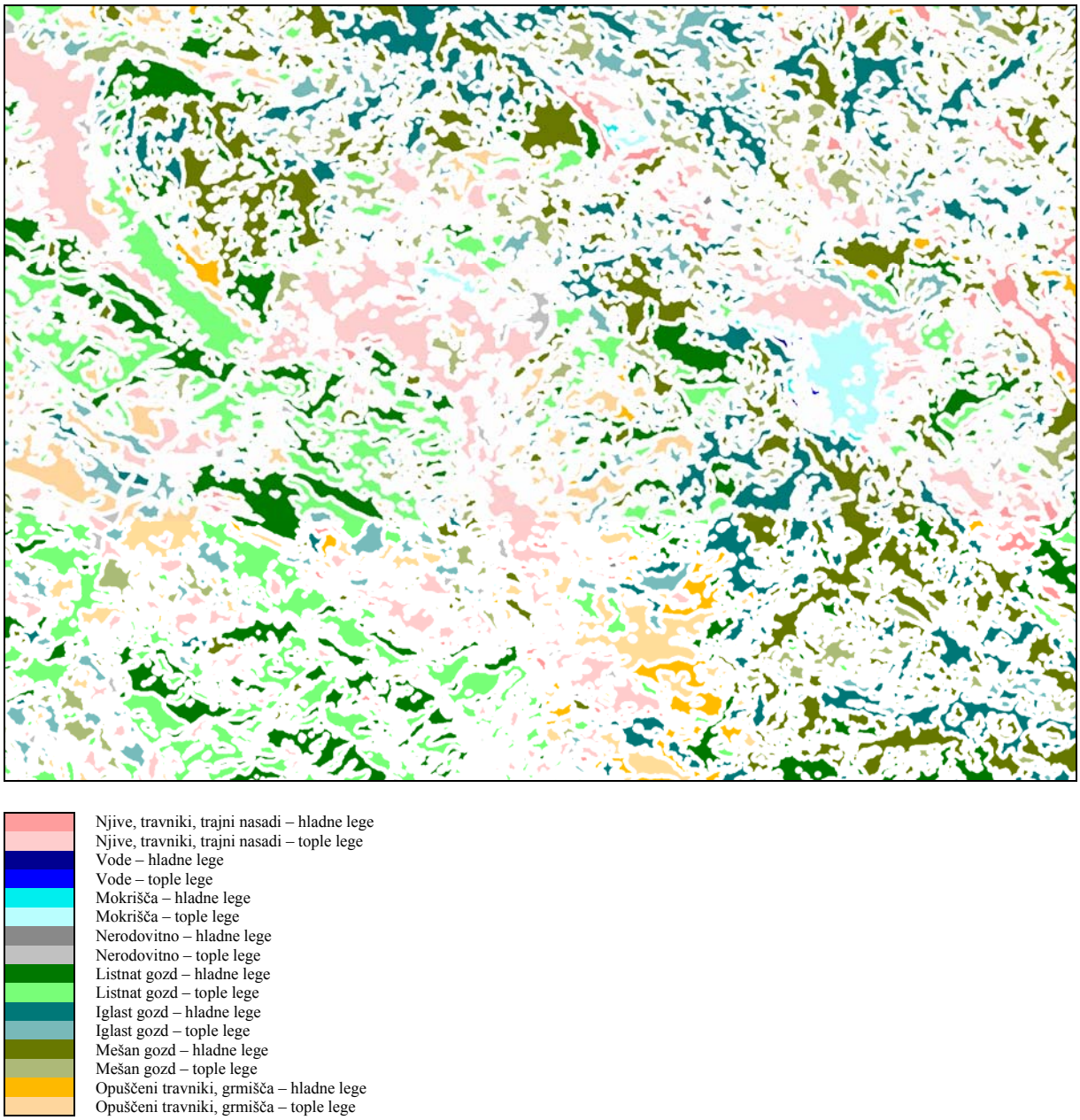
CLC	Kriterij 1
311	Listnat gozd
312	Iglast gozd
313	Mešan gozd
321	Opuščeni travniki, grmišča
322	Iglast gozd
323	Opuščeni travniki, grmišča
324	Opuščeni travniki, grmišča
331	Nerodovitno
332	Nerodovitno
333	Njive, travniki, trajni nasadi
334	Opuščeni travniki, grmišča
335	Nerodovitno

CLC	Kriterij 1
411	Mokrišča
412	Mokrišča
421	Mokrišča
422	Mokrišča

CLC	Kriterij 1
511	Vode
512	Vode
521	Vode
522	Vode
523	Vode

Preglednica 9: Porazdelitev trenažnega vzorca po stratumih

Stratum	n	%	
Njive, travniki, trajni nasadi – hladne lege	17.527	13,7	29,4
Njive, travniki, trajni nasadi – tople lege	19.959	15,6	
Vode – hladne lege	108	0,1	8,4
Vode – tople lege	64	0,1	
Mokrišča – hladne lege	557	0,4	
Mokrišča – tople lege	10.007	7,8	
Nerodovitno – hladne lege	417	0,3	4,3
Nerodovitno – tople lege	5.115	4,0	
Listnat gozd – hladne lege	6.590	5,2	31,1
Listnat gozd – tople lege	6.610	5,2	
Iglast gozd – hladne lege	6.668	5,2	
Iglast gozd – tople lege	6.612	5,2	
Mešan gozd – hladne lege	6.542	5,1	
Mešan gozd – tople lege	6.655	5,2	
Opuščeni travniki, grmišča – hladne lege	14.148	11,1	26,7
Opuščeni travniki, grmišča – tople lege	19.958	15,6	
Skupaj	127.537	100,0	100,0



Slika 7: Stratifikacija študijskega območja za trenažni vzorec

Odločitvena drevesa, ki so nastala kot rezultat strojnega učenja s programom See5, smo ročno popravljali. Na določen način smo pri končnem oblikovanju odločitvenih dreves rezultate See5 jemali le kot nasvete, naša strokovna odločitev pa je bila, kako bomo te rezultate vkomponirali v končno odločitveno drevo. To popravljanje dreves je potekalo iterativno, pri čemer smo na podlagi strokovne ocene dodajali posamezne nove kriterije, odvzemali nekatere druge in združevali dele različnih dreves. Pomembna vloga strojnega učenja v tem procesu je bilo predvsem (1) prepoznavanje pragov pri zveznih atributih oziroma neodvisnih spremenljivkah (na primer prag vrednosti NDVI, ki pomaga razločevati resnično obdelane

površine znotraj razreda obdelano na karti, ki je nastala v prvi fazi klasifikacije) ter (2) generiranje kompleksnih kombinacij kriterijev znotraj posameznih vej drevesa. Take kombinacije smo iskali z usmerjenim strojnim učenjem. To pomeni, da smo:

1. uporabljali za strojno učenje podvzorce, ki se nanašajo le na določeno vejo (na primer v neki veji smo razločevali razreda mokrišče in gozd le na podlagi trenažnega podvzorca, kjer velja NENADZOR_REZ = mokrišče in NAKLON = 0º);
2. ustrezno prilagajali parametre obvejevanja v programu See5.

Hkrati smo pri vsaki spremembi drevesa preverjali še:

1. točnost obravnavane veje odločitvenega drevesa, kar smo storili z 10-kratnim navzkrižnim preverjanjem (*10-fold crossvalidation*); pri tem uporabljeni trenažni vzorec smo naključno razdelili na 10 delov, nato pa 10-krat generirali drevo iz 90 odstotkov vzorca, s preostalimi 10 odstotki pa smo ocenili točnost klasifikacije;
2. vizualno oceno točnosti klasificirane slike, ki je temeljila na dobrem poznavanju študijskega območja ter na primerjavi s topografsko karto.

Končno smo pripravili dve odločitveni drevesi za sukcesivno reklasifikacijo rezultatov nadzorovane klasifikacije. Z drugim drevesom smo popravili nekatere napake, ki so še preostale po obravnavi s prvim drevesom. Čeprav bi bilo drevesi mogoče združiti v eno, se zaradi lažje berljivosti za to nismo odločili.

Po opravljeni reklasifikaciji z odločitvenima drevesoma smo vse negozdne razrede agregirali nazaj v razred negozd. Znotraj homogenih površin pa so na karti še preostajali izolirani piksli drugih razredov. Zato smo karto s presejalnim filtrom generalizirali na najmanjšo površino kartiranja, tj. na 0,25 ha (kar ustreza 4 pikslom). Presejalni filter deluje tako, da vse poligone, ki so manjši od izbranega praga, pridruži največjemu sosednjemu poligonu.

10.2.2.4 Kontrola točnosti rezultatov

Kot ugotavlja Congalton (1991), "lepota" izdelane karte ni zadosten kriterij kvalitete. Klasifikacija satelitske slike namreč ni končana, dokler ne opravimo tudi objektivne ocene njene točnosti. Oceno točnosti karte gozdov za leto 1995 smo opravili na osnovi neodvisnega kontrolnega vzorca, ki smo ga pridobili s fotointerpretacijo stereoparov letalskih posnetkov.

Ocenjevali smo tako tematsko točnost izdelane karte kot tudi točnost delineacije gozdnega roba. Lokacijsko določeno tematsko točnost (*site specific accuracy assessment*) smo ocenjevali s pomočjo matrike napak (Congalton 1991), točnost delineacije pa po Chrismanu (1982) z metodo epsilon pasu (*epsilon band*).

Pogosto so do sedaj določali velikost kontrolnega vzorca po obrazcu na temelju binomske porazdelitve. Taka velikost vzorca zadošča za splošno oceno deleža pravilno klasificiranih pikslov, je pa premajhna za izdelavo matrike napak, kjer mora biti dovolj pikslov v vsakem polju matrike. Congalton (1991) zato za manjše število razredov (pod 12) in za manjše površine (pod 400.000 ha) priporoča vsaj 50 vzorčnih enot po razredu.

Porabo časa za zbiranje kontrolnih podatkov smo zmanjšali z dvostopenjskim vzorčenjem v maloštevilnih, toda večjih kontrolnih ploskvah in z avtomatiziranim razmejevanjem zunajgozdnih razredov (tj. s segmentacijo). Pojem segmentacija se nanaša na avtomatsko razčlenjevanje digitalne slike na homogene površine (McCormick 1999). Če predpostavimo, da homogena površina na sliki ustreza tudi homogeni pokrovnosti v naravi, si na tak način pri fotointerpretaciji prihranimo fazo razmejevanja, preostaja nam le še prepoznavanje razreda pokrovnosti znotraj izločenih homogenih površin.

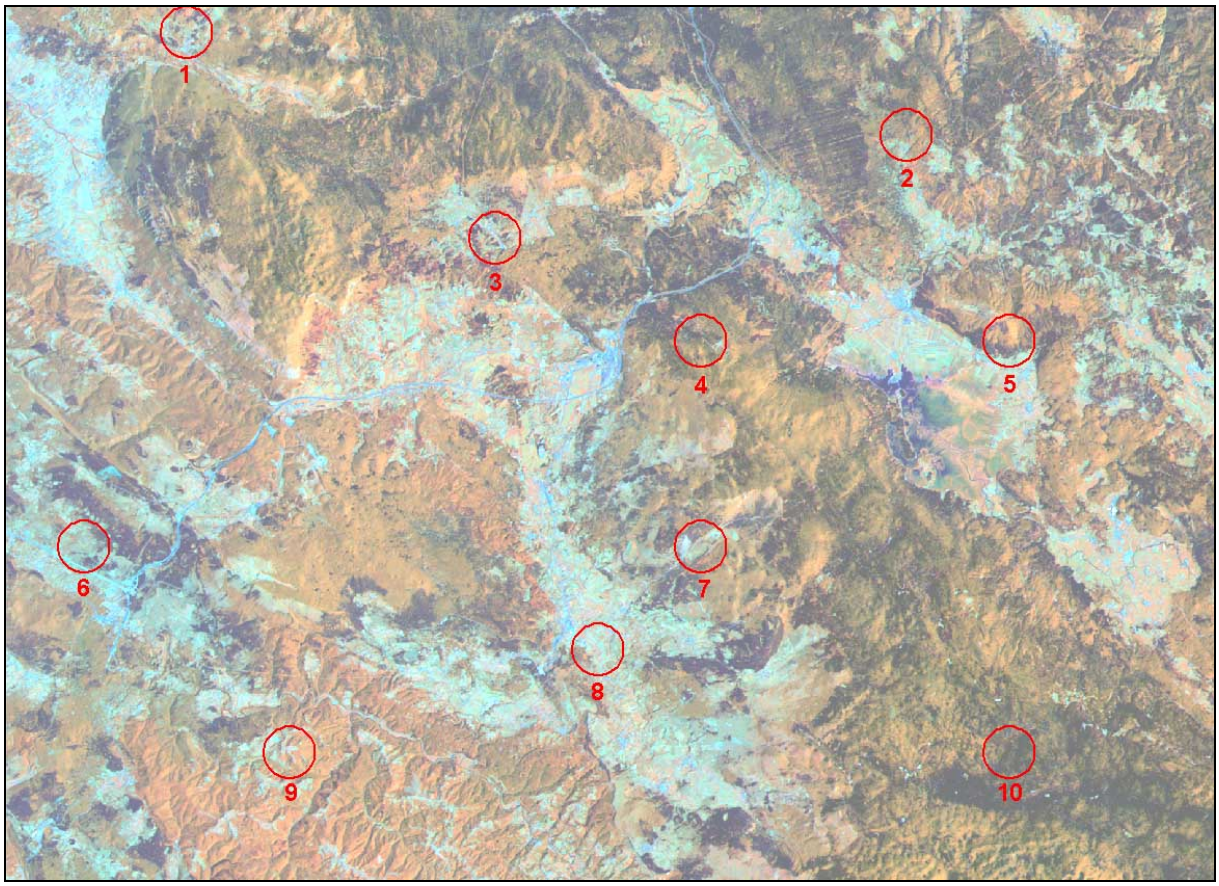
Kontrolne podatke smo zbirali znotraj 10 slučajnostno razporejenih krožnih ploskvev s polmerom 1 km (Slika 8). Najprej smo znotraj krožnih ploskev s segmentacijo razmejili topografsko normalizirano satelitsko ortosliko Landsat TM, in sicer na podlagi slikovnih kanalov 2, 3, 4, 5 in 7 (Slika 9). Pri tem smo uporabili program SILVICS 1.0 in zaradi drobne členjenosti krajine izbrali možnost najpodrobnejše segmentacije. Povprečni segment tako meri 1 ha oziroma 16 pikslov. Na aeroposnetkih cikličnega aerosnemanja, posnetih največ eno leto pred satelitskim snemanjem (Preglednica 10, Slika 10), smo nato pod stereoskopom identificirali razrede pokrovnosti za vse slikovne segmente (Slika 11) in podatke vpisali v atribut vektorske GIS-baze segmentov. Fotointerpretacijski ključ za prepoznavanje razredov pokrovnosti na aeroslikah prikazuje Preglednica 11. V ključu nastopata med drugim dominantna višina, ki je definirana kot povprečna višina 25 dreves zgornjega sloja na površini 0,25 ha, ter sklep, ki je definiran kot delež prekrivanja tal s krošnjami vseh slojev.

Preglednica 10: Uporabljeni aeroposnetki cikličnega aerosnemanja (GURS)

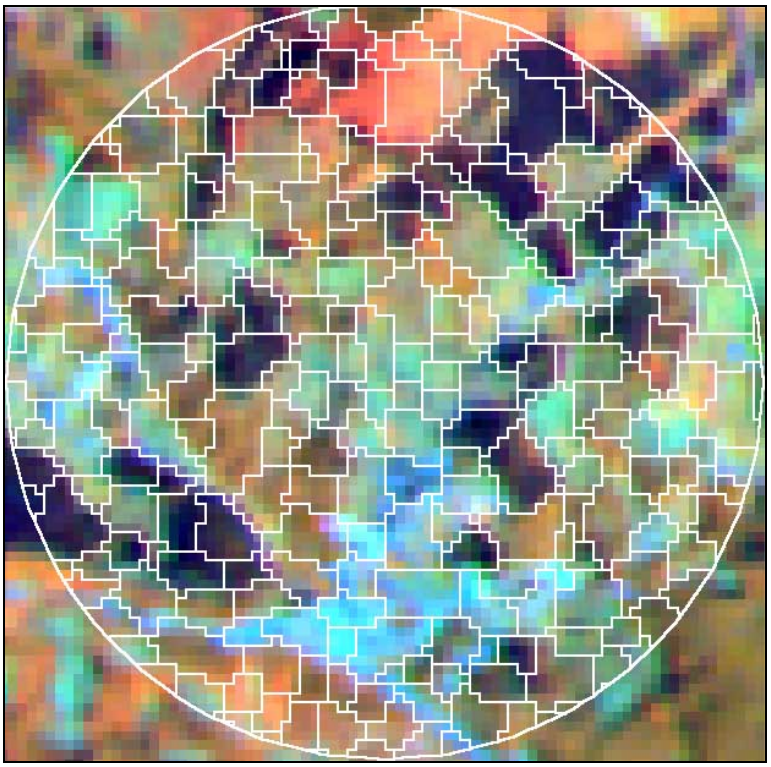
Leto snemanja	Snemalni red	Številka posnetka	Kontrolna ploskev
1995	1846	155,156	1
1995	1882	2313,2314	10
1995	1887	2294,2295	10
1994	1677	6841,6842	3
1994	1675	7652,7653	2
1994	1660	6857,6858,6859	4
1994	1680	6865,6866	5
1994	1686	7106,7107	7
1994	1688	7143,7144	8
1994	1686	7122,7123	6
1994	1691	7360,7361,7362	9
1994	1690	7348,7349,7350	9

Preglednica 11: Ključ za fotointerpretacijo aeroposnetkov:

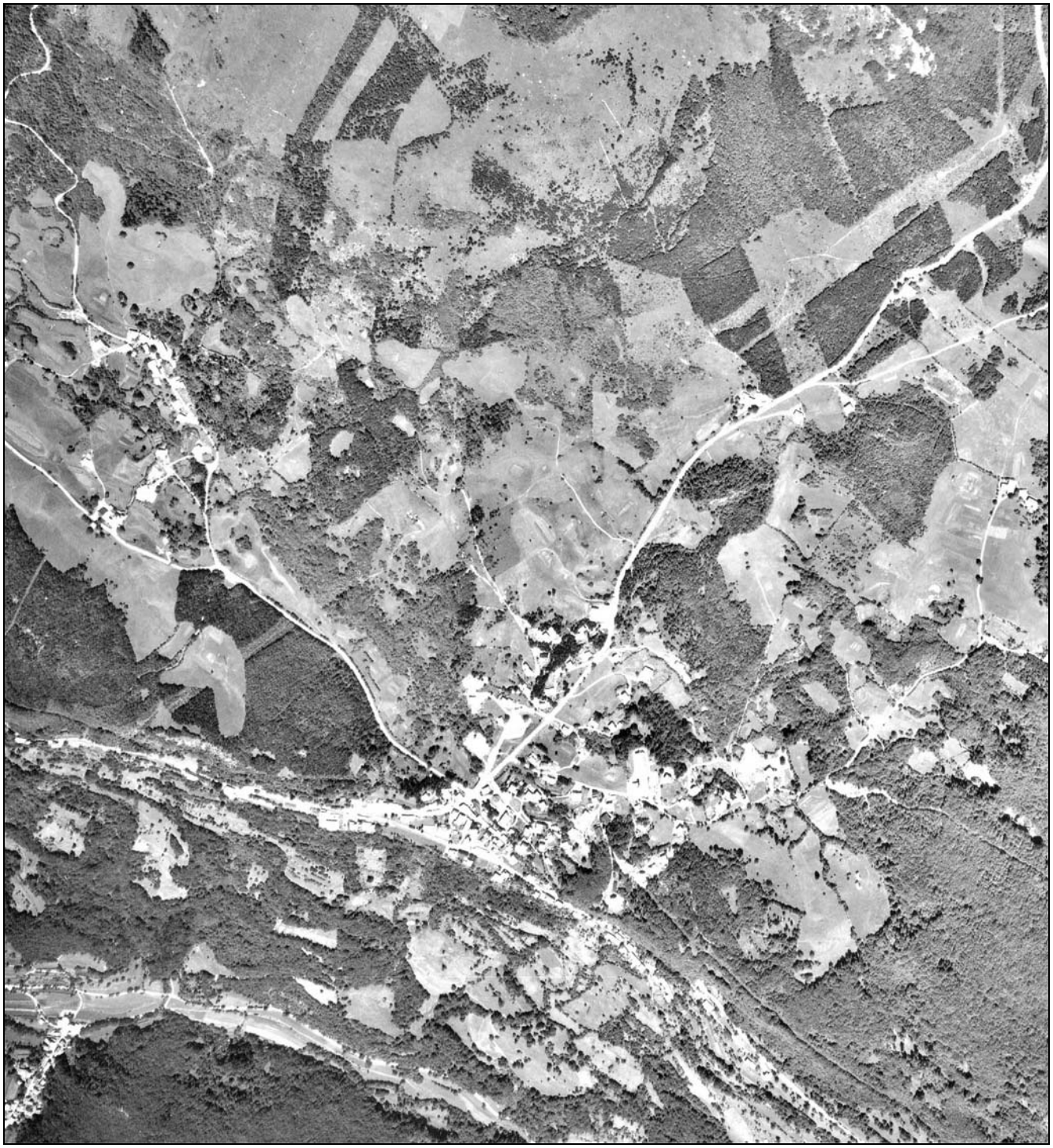
```
Je_ureditveno_območje_gozdov.: Gozd
Ni_ureditveno_območje_gozdov.:
   Površina > 0,5ha:
   :  Sklep > 75%:
   :  :...Dominantna_višina > 5m: Gozd
   :  :   Dominantna_višina ≤ 5m: Grmišče
   :  Sklep ≤ 75%:
   :  :...Lesnate_rastline_v_omejkih: Negozd
   :      Lesnate_rastline_dispergirane:
   :      :...Sklep > 25%: Grmišče
   :          Sklep ≤ 25%: Opuščen_travnik
   Površina ≤ 0,5ha:
      Sklep > 90%:
      :...Dominantna_višina > 5m: Gozd
      :   Dominantna_višina ≤ 5m: Grmišče
      Sklep ≤ 90%:
      :...Lesnate_rastline_v_omejkih: Negozd
          Lesnate_rastline_dispergirane:
          :...Sklep > 25%: Grmišče
              Sklep ≤ 25%: Opuščen_travnik
```



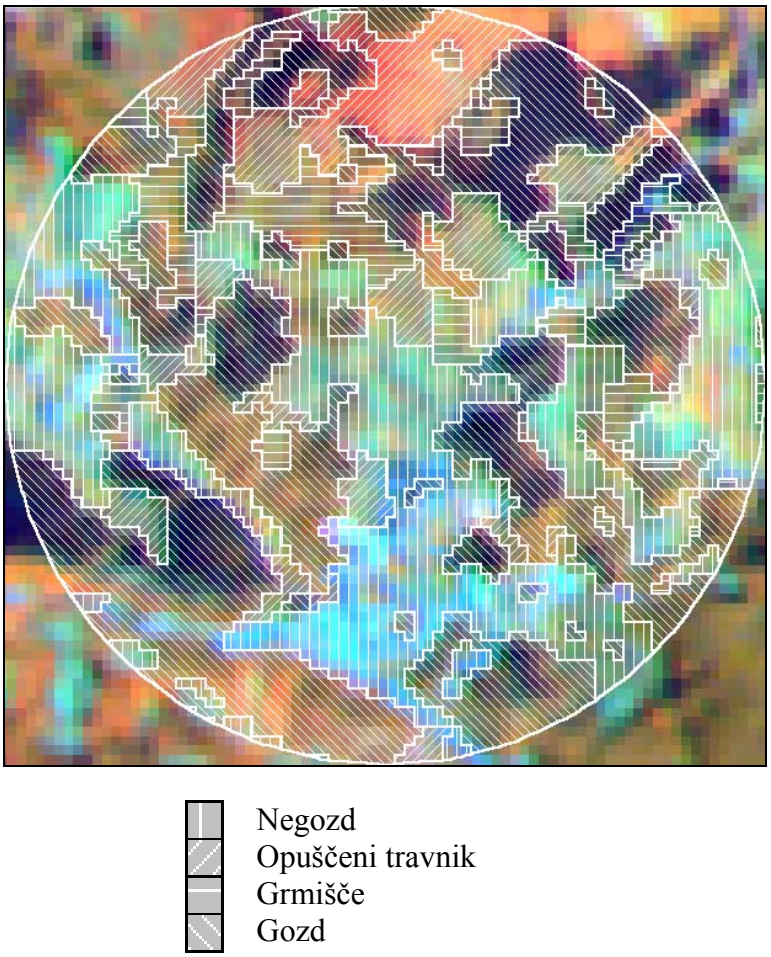
Slika 8: Slučajnostni razpored 10 krožnih ploskvev (r = 1 km) za zbiranje kontrolnih podatkov



Slika 9: Segmentacija satelitskega posnetka – Ploskev 1 (Col nad Ajdovščino)

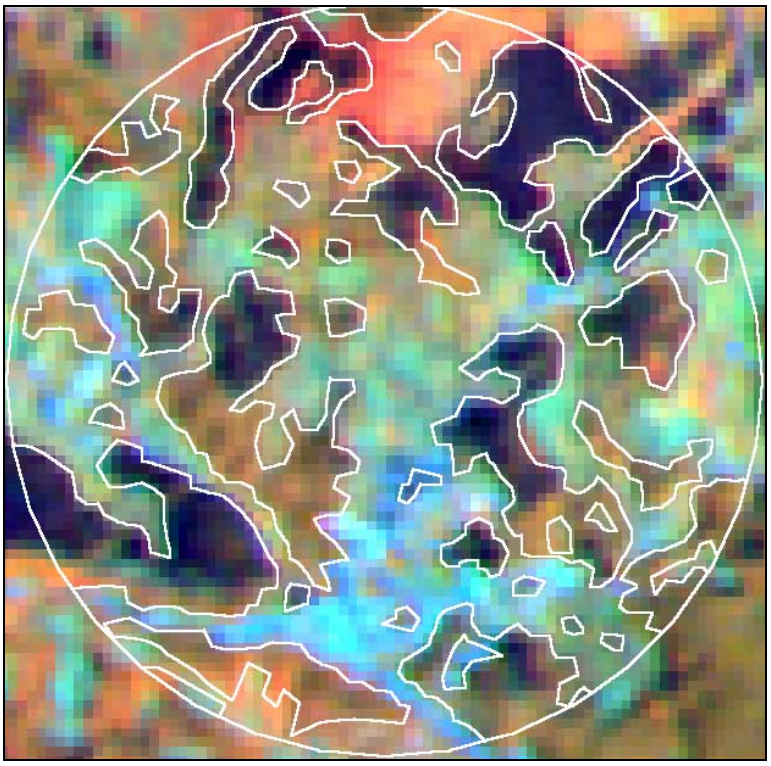


Slika 10: Aeroposnetek Ploskve 1, Col nad Ajdovščino, Ciklično aerosnemanje 25. julija 1995, merilo snemanja 1:17.500, snemalni red 1846, posnetek 155 (GURS 1995)



Slika 11: Prepoznani razredi pokrovnosti slikovnih segmentov na satelitskem posnetku; meje med istovrstnimi segmenti so izbrisane

Vzorec za kontrolo točnosti delineacije gozdnega roba smo pridobili v 10 krožnih ploskvah s polno fotointerpretacijo gozdnega roba na aeroposnetkih pod stereoskopom. Potek linije gozdnega roba smo sproti vnašali na ortorektificirano satelitsko sliko oziroma RGB-kompozit slikovnih kanalov 4, 5 in 3 (Slika 12). Ker aeroposnetki niso bili v ortogonalni projekciji, smo pravilni prenos iz stereomodela aeroposnetkov na satelitsko ortosliko zagotovili s pazljivim primerjanjem orientacijskih objektov na obeh slikah. S hkratno uporabo aeroposnetkov in satelitske ortoslike smo zagotovili tako vsebinsko točnost kot tudi pozicijsko točnost linije gozdnega roba.



Slika 12: Gozdni rob, prepoznan na stereomoparu aeroposnetkov in vnešen na ortorektificiran satelitski posnetek

Lokacijsko določeno oceno tematske točnosti (*site specific accuracy assessment*) smo izvedli s parnimi primerjavami na ravni istoležnih pikslov med karto gozda za leto 1995 in interpretiranimi slikovnimi segmenti znotraj desetih krožnih ploskev. Izračunali smo matriko napak, iz nje pa splošno točnost kot delež elementov na glavni diagonali matrike (tj. delež pravilno klasificiranih pikslov) ter producentovo in uporabnikovo točnost za vsak informacijski razred (Congalton 1991). Producentova točnost (*producer's accuracy*) za določen razred je definirana kot razmerje med številom pravilno klasificiranih pikslov v tem razredu (znotraj preseka s kontrolnim vzorcem) in številom pikslov tega razreda v kontrolnem vzorcu. Producentovo točnost torej kaže verjetnost, da je posamezen piksel tega razreda iz kontrolnega vzorca pravilno klasificiran. Uporabnikova točnost (*user's accuracy*) je definirana kot razmerje med številom pravilno klasificiranih pikslov v tem razredu in številom pikslov tega razreda na karti. Nakazuje zanesljivost klasifikacije za posamezen informacijski razred oziroma verjetnost, da informacijski razred piksla na karti dejansko ustreza stanju v naravi. Izračunali smo tudi indeks Kappa, ki kaže, v kolikšni meri so pravilno klasificirani piksli pravilni na račun dejanske skladnosti s kontrolnim vzorcem in ne na račun slučajne "pravilnosti" (Lillesand and Kiefer 1994). Indeks Kappa je definiral Congalton (1991) kot:

K = (izmerjena splošna točnost – slučajnostno ujemanje) / (1 – slučajnostno ujemanje)

Točnost delineacije smo ocenjevali z modificirano metodo epsilon pasu (*Epsilon band*; Chrisman 1982), prilagojeno rastrskemu formatu podatkov. Epsilon pas je pas okoli pravega gozdnega roba, v katerem se najverjetneje nahaja klasificiran gozdni rob (Dunn in sod. 1990). Viri se razhajajo glede širine epsilon pasu: deterministična definicija (Blakemore 1984, cit. v Dunn in sod. 1990) pravi, da je širina tega pasu taka, da zaobseže ves gozdni rob na karti, ne glede na razdaljo od pravega roba. To je t. i. epsilon pas celotnega obsega (*Range epsilon band*). Probabilistična definicija pa pojmuje epsilon pas kot neko mero odklona od prave linije. Tako na primer Chrisman uporablja t. i. pas epsilon medkvartilnega obsega – tj. širino, v kateri se nahaja 50 odstotkov linije gozdnega roba na karti (*Interquartile range epsilon band*). V nadaljevanju prikazujemo rezultate glede na obe definiciji.

Metodo epsilon pasu smo prilagodili rastrskemu formatu. Pravi gozdni rob v 10 kontrolnih ploskvah smo rastrirali z ločljivostjo 5 m in za vsak piksel na tako dobljenem rastrskem GIS-sloju z modulom DISTANCE programa IDRISI ugotovili njegovo oddaljenost od najbližjega pravega gozdnega roba. Kot gozdni rob na naši karti smo privzeli mejo med razredom gozd in ostalimi tremi razredi (negozd, opuščeni travniki in grmišča). Nato smo ugotovili porazdelitev DN-vrednosti vseh tistih pikslov na rastrskem GIS-sloju, ki prikazuje oddaljenost od pravega gozdnega roba, ki sovpada z gozdnim robom na karti gozdov za leto 1995. Iz te porazdelitve smo ugotovili medkvartilni in celotni obseg razdalj (prvi ustreza epsilon pasu medkvartilnega obsega, drugi pa epsilon pasu celotnega obsega) ter povprečno razdaljo do pravega gozdnega roba.

10.2.3 Zaraščanje v obdobju 1975 - 1995

Površine v zaraščanju smo prepoznali s presekom kart gozdnega roba za leti 1975 (2 razreda) in 1995 (4 razredi). Dobili smo karto 20-letnega zaraščanja z 8 presečnimi razredi. Karti zaraščanja smo zaradi potreb kasnejše analize dodali še površinsko pomembna razreda naselja in vode, povzete iz topografske karte v merilu 1 : 50.000 (TK50) Geodetskega zavoda RS. Tako smo iz pomensko široke kategorije negozda izločili nekmetijske površine, s čimer smo omogočili korektnejši izračun stopnje zaraščanja. Karta zaraščanja za obdobje 1975–1995 torej vsebuje 10 razredov (Preglednica 12).

Preglednica 12: Razredi karte zaraščanja 1975 – 1995 (gl. tudi Slika 19).

Koda	Ime razreda	Pomen
1	Stalno negozd	Površine, ki so bile negozd 1975 in 1995
2	V opuščanju	Površine, ki so bile 1975 negozd in so 1995 v opuščanju
3	V zaraščanju	Površine, ki so bile 1975 negozd in so 1995 grmišča
4	Zaraslo	Površine, ki so bile 1975 negozd in so 1995 gozd
5	Izkrčeno	Površine, ki so bile 1975 gozd in so 1995 negozd
6	Izkrčeno in opuščeno	Površine, ki so bile 1975 gozd, nato so bile izkrčene in so 1995 spet opuščene
7	Izkrčeno in zaraslo	Površine, ki so bile 1975 gozd, nato izkrčene in so 1995 spet grmišča
8	Stalno gozd	Površine, ki so bile gozd 1975 in 1995
9	Voda	Povzeto po TK50 (GURS)
0	Naselje	Povzeto po TK50 (GURS)

10.3 Napoved prihodnjega zaraščanja

Najprej smo preučili preteklo zaraščanje glede na upravno delitev prostora na upravne občine, glede na regije naravnogeografske členitve Slovenije (Gabrovec in sod. 1998) ter glede na dva za rentabilnost kmetijske obdelave pomembna fizičnogeografska dejavnika (Cunder 1998) – naklon terena in oddaljenost od naselij. Zadnjima dvema znakoma smo zvezno skalo spremenili v intervalno (razredi naklona in razredi oddaljenosti). Od občin smo upoštevali tiste, ki jih raziskovalno območje v celoti zajema (Cerknica, Postojna, Pivka, Divača), pri regijah pa smo se od 11 osredotočili na tistih 7, ki so v raziskovalnem območju vsaj tretjinsko. Preučili smo tri znake:

1. stopnjo zaraslosti, ki je definirana kot odstotno razmerje med površino današnjih gozdov in grmišč ter izhodiščno kmetijsko površino leta 1975. Stopnjo zaraslosti smo izračunali na osnovi razredov karte zaraščanja za obdobje 1975–1995, pri čemer smo predpostavili, da so kmetijske površine vse negozdne, razen naselij in voda. Stopnjo zaraslosti smo izračunali po obrazcu (Preglednica 12 in Slika 19 prikazujeta pomen v obrazcu uporabljenih kod):
   stopnja zaraslosti [%] = [(3) + (4)] / [(1) + (2) + (3) + (4)] * 100
2. gozdnatost leta 1975, ki smo jo izračunali kot odstotno razmerje med površino gozda in celoto prostora:
   gozdnatost [%] = [(5) + (6) + (7) + (8)] / [(0) + (1) + (2) + ... + (8) + (9)] * 100
3. gozdnatost leta 1995:
   gozdnatost [%] = [(3) + (4) + (7) + (8)] / [(0) + (1) + (2) + ... + (8) + (9)] * 100

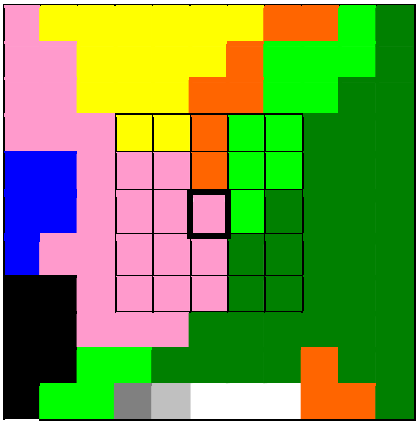
Statistika zaraščanja po prostorskih enotah lahko zaradi velikosti teh enot poda le grobo sliko o povezavah zaraščanja z dejavniki v prostoru. Zanimalo nas je tudi, kakšne statistične povezave je mogoče odkriti na ravni vsake posamezne lokacije oziroma v našem primeru 25-metrskega piksla. Primeren statistični postopek je regresijska analiza, pri kateri iščemo povezavo med odvisno spremenljivko (intenzivnostjo zaraščanja) ter skupino neodvisnih spremenljivk. Regresijski model seveda ne pove vzročno-posledičnih povezav, odkrije le, katere neodvisne spremenljivke najbolje pojasnjujejo intenzivnost zaraščanja.

Regresijski model, ki s pomočjo prostorsko opredeljenih neodvisnih spremenljivk pojasnjuje stopnjo zaraščanja, smo uporabili za izdelavo prognostične karte zaraščanja za obdobje 1995–2015. Pri tem smo predpostavili, da se bodo trendi, ki jih zajema model zaraščanja za obdobje 1975–1995, nespremenjeni nadaljevali v naslednjih 20 letih. Bodoče stanje smo z modelom napovedali tako, da smo neodvisne spremenljivke za leto 1975, ki se spreminjajo s časom, nadomestili z novim izhodiščnim stanjem leta 1995.

Problem z regresijsko analizo na ravni posameznega piksla je, da odvisna spremenljivka ni zvezna, ampak zavzema le dve diskretni vrednosti (zaraščanje da/ne). Problem smo rešili tako, da smo v določeni okolici vsakega piksla izračunali indeks zaraščanja INDZAR41, ki odraža intenziteto zaraščanja v okolici (oziroma delež kmetijskih površin v letu 1975, ki se je do leta 1995 zarasel z gozdom). Indeks zaraščanja smo definirali kot odstotno razmerje med številom pikslov, ki označujejo zaraščanje za obdobje 1975–1995, in številom pikslov, ki označujejo izhodiščne kmetijske površine leta 1975. Kot piksle zaraščanja smo šteli naslednje razrede karte zaraščanja (Preglednica 12 in Slika 19): 3, 4 in 7. Kot piksle kmetijstva smo šteli razrede 1, 2, 3 in 4. Obrazec indeksa zaraščanja je torej:

$$\text{INDZAR41} = [(3) + (4) + (7)] / [(1) + (2) + (3) + (4)] * 100\ [\%]$$

Pri štetju pikslov v okolici si pomagamo s t. i. nizkopasovnim filtrom, ki po celotnem rastru postopoma premika "pomično okno" oziroma matriko (na primer dimenzije 5 x 5), vsakič izračuna aritmetično sredino vseh 25 pikslov (v primeru okna 5 x 5) in jo zapiše v osrednji piksel. Če smo pred filtriranjem vsem pikslom razreda, ki nas zanima, priredili vrednost 1, ostalim pikslom pa vrednost 0, potem lokalne aritmetične sredine odražajo delež ciljnega razreda v lokalni okolici. Postopek smo izvedli posebej za piksle zaraščanja in posebej za piksle kmetijskih površin iz leta 1975. Karto, ki prikazuje indeks zaraščanja v prostoru, smo nato dobili z računanjem razmerja med istoležnimi piksli tako nastalih rastrskih slojev. Postopek ilustrira Slika 13.



Barva	Koda	Ime razreda	Pomen
	1	Stalno negozd	Površine, ki so bile negozd 1975 in 1995
	2	V opuščanju	Površine, ki so bile 1975 negozd in so 1995 v opuščanju
	3	V zaraščanju	Površine, ki so bile 1975 negozd in so 1995 grmišča
	4	Zaraslo	Površine, ki so bile 1975 negozd in so 1995 gozd
	5	Izkrčeno	Površine, ki so bile 1975 gozd in so 1995 negozd
	6	Izkrčeno in opuščeno	Površine, ki so bile 1975 gozd, nato so bile izkrčene in so 1995 spet opuščene
	7	Izkrčeno in zaraslo	Površine, ki so bile 1975 gozd, nato izkrčene in so 1995 spet grmišča
	8	Stalno gozd	Površine, ki so bile gozd 1975 in 1995
	9	Voda	Povzeto po TK50 (GURS)
	0	Naselje	Povzeto po TK50 (GURS)

$$\text{INDZAR} = [(3) + (4) + (7)] / [(1) + (2) + (3) + (4)] * 100\ [\%] =$$
$$= [2 + 5 + 0] / [19 + 2 + 2 + 5] * 100 = \underline{25\ \%}$$

Slika 13: Primer računanja indeksa zaraščanja INDZAR v kvadratnem oknu 5x5 pikslov

Postavlja se vprašanje, kako velika in kakšne oblike naj bo okolica, znotraj katere računamo indeks zaraščanja. Možne so sicer nepravilne oblike (t. i. anizotropični filtri, ki imajo različne lastnosti v različnih smereh), običajna pa je kvadratna oblika okna z neparnim številom pikslov (3 x 3, 5 x 5 ...). Pri večjih dimenzijah pogosto raje uporabimo okroglo obliko (Slika 14), saj ima veliko kvadratno okno v diagonalnih smereh drugačne lastnosti, kot v kardinalnih.

0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0

Slika 14: Primer okroglega okna dimenzije 11x11 za fitriranje rastrske slike. Celice matrike, ki imajo vrednost ponderja različno od 0, se upoštevajo pri izračunu rezultata, ta pa se zapiše v osrednjo celico.

Pri odločitvi o velikosti okna smo upoštevali dvoje:

1. majhno okno nam omogoči preučevanje pojava zaraščanja v velikem merilu, saj se zabriše le malo podrobnosti vhodne karte,
2. veliko okno v veliki meri zabriše lokalne fluktuacije, vendar pa s tem omogoči izdelavo modela z večjo napovedno močjo (višji koeficient korelacije R).

Po testih z različnimi velikostmi okna smo izbrali krožno okno velikosti 41 x 41 (od tod število 41 v imenu INDZAR41), ki pri velikosti piksla 25 m ustreza krogu s premerom 1 km. Izkazalo se je, da ta velikost pri razpoložljivih vhodnih podatkih zagotavlja optimalen kompromis med napovedovalno močjo modela (R) in njegovo prostorsko podrobnostjo.

Osnova za regresijski model je bil slučajnostni stratificirani vzorec, enota vzorčenja je bil piksel, stopnja vzorčenja je bila 5-odstotna, vsak stratum pa je bil zastopan z enakim številom pikslov. Prvi stratum so predstavljali razredi zaraščanja (3, 4, 7) na karti zaraščanja za obdobje 1975–1995. Drugi stratum so predstavljale nezaraščene kmetijske površine (po stanju leta 1995 na karti zaraščanja – razreda 1 in 2). Velikost celotnega vzorca je bila n = 34.522.

Prognostično karto zaraščanja za obdobje 1995–2015 smo dobili tako, da smo v enačbo namesto izhodiščnih vrednosti neodvisnih spremenljivk za leto 1975 vstavili današnje izhodiščne vrednosti. Zaradi načina izračuna odvisne spremenljivke INDZAR41 (povprečna stopnja zaraščenosti v okolici s premerom 1 km) ima, vsebinsko gledano, tudi prognostična

karta zaraščanja ločljivost, enako 1 km. To pa ne drži za razrede gozd, naselje in voda, ki so smiselno povzeti iz karte zaraščanja za obdobje 1975–1995.

Glede na tako izdelano karto zaraščanja za obdobje 1995–2015 smo izračunali povprečno stopnjo zaraščanja v obdobju 1995–2015 po občinah in po regijah. Povprečno stopnjo zaraščanja smo definirali kot (znotraj prostorske enote) povprečno vrednost napovedanega INDZAR41, zunaj današnjega gozda in grmišč (razredi 3, 4, 7 in 8 na karti zaraščanja za obdobje 1975–1995). Izračunali smo še predvideno gozdnatost za leto 2015 po občinah in regijah. Kot gozd smo privzeli današnji gozd in grmišča ter tiste površine zunaj naselij in voda, kjer bo stopnja zaraščanja leta 2015 vsaj 50-odstotna.

Pri izboru pojasnjevalnih spremenljivk smo upoštevali tiste, za katere smo verjeli, da so v kakršni koli neposredni ali posredni vzročni povezavi z zaraščanjem (Preglednica 13). Glavna skupina spremenljivk prikazuje način razporeditve gozdov in gozdnega roba v začetku preučevanega obdobja, saj smo domnevali, da prostorski vzorec gozdnate krajine vpliva na intenzivnost kmetijske obdelave. Vključili smo tudi nekaj kazalnikov reliefa, ki je v študijskem območju izrazit in zato tudi vpliva na primernost za kmetijsko obdelavo. Pomemben dejavnik so še demografski kazalniki ter struktura kmetijskih gospodarstev, zato smo v analizo vključili še te.

Preglednica 13: Pojasnjevalne spremenljivke za napovedovanje zaraščanja.

Ime	Pomen	Vir podatka
NAKLPROC	Naklon terena [%]	Izpeljano iz DMR100, GURS*
G75_5	Gozdnatost [%] leta 1975 v okolici s premerom 100 m	TK50, 1981, GURS
G75_41	Gozdnatost [%] leta 1975 v okolici s premerom 1 km	TK50, 1981, GURS
GR75_5	Fragmentacija gozdnega roba leta 1975 v 100-metrski in 1-kilometrski okolici. Vrednost piksla je enaka deležu [%] pikslov gozdnega roba 1975 v oknu 5x5 oz. 41x41	A. Kobler
GR75_41		A. Kobler
POVPPOV81	Povprečna površina kmetije v KO v letu 1981 [ha]	T. Cunder, KIS**
DELCISTA81	Delež čistih kmetij v KO v letu 1981 [%]	T. Cunder, KIS
DELMESANA81	Delež kmetij z mešanim virom dohodka v KO v letu 1981 [%]	T. Cunder, KIS
DELNEKMECK81	Delež dopolnilnih kmetij v KO v letu 1981 [%]	T. Cunder, KIS
DELBREZDSI81	Delež neaktivnih kmetij v letu 1981 [%]	T. Cunder, KIS
INDSTAR81	Indeks staranja v letu 1981 kot razmerje [%] med številom prebivalcev starih 65 let in več in številom prebivalcev starih 0 do 14 let na ravni upravne občine	A. Jakoš, UIRS
NASDST	Zračna razdalja od piksla do najbližjega naselja [m]	Izpeljano iz TK50, GURS
CESTEDST	Pravokotna razdalja [m] od piksla do najbližje ceste. Upoštevane so ceste na topografski karti 1:50.000 (GURS)	Izpeljano iz TK50, GURS
GPR1981	Gostota prebivalcev [preb/km2] na ravni občine	A. Jakoš, UIRS***
IND8171	Indeks rasti prebivalstva v občini 1981 / 1971 [%]	A. Jakoš, UIRS
IND8161	Indeks rasti prebivalstva v občini 1981 / 1961 [%]	A. Jakoš, UIRS
GR75DIST	Oddaljenost piksla od najbližjega gozdnega roba [m] – stanje 1975	A. Kobler
DMR	Nadmorska višina [m]	GURS

*GURS – Geodetska uprava RS
**KIS – Kmetijski inštitut Slovenije
***UIRS – Urbanistični inštitut RS

10.4 Modeliranje vizualne kvalitete krajine

Vizualno kvaliteto krajine smo primerjalno zajeli na dva načina in na koncu izdelali optimalno sintezo. Prvi način zajema je bil model, ki apriorno (tj. brez statističnega preverjanja) uporabi strokovne kriterije (Pogačnik 2000b) in ocene ter tako vrednoti prostor. Ta model smo nato preverili s pomočjo izmerjenih preferenc javnosti. Drugi način je bilo statistično ugotavljanje povezav med že obstoječimi rezultati strokovnega vrednotenja (Marušič 1998) in merljivimi fizičnimi kazalniki krajine. Končna sinteza nato združuje najboljše plati obeh pristopov v kvantitativni prostorski model za vrednotenje vizualne kvalitete krajine.

Pri zasnovi in izvedbi ekspertnega modela vizualne kvalitete smo v veliki meri sledili naslednjim priporočilom (Pogačnik 2000b):

1. model scenske kvalitete naj bo linearen;
2. spremenljivke naj bodo prilagojene naravnemu pejsažu in problemu zaraščanja v raziskovalnem območju, vendar z možnostjo ekstrapolacije na ves slovenski prostor;
3. vhodne spremenljivke, ki naj pojasnijo scensko kvaliteto, naj bodo:
    1. relief (razgibanost reliefa, število vidnih horizontov, gore kot scensko ozadje ...),
    2. vegetacija (razgibanost gozdnega roba, prisotnost gajev ali grmišč na planem, prisotnost osamljenih dreves, negovanost kmetijske krajine, živice, gozd kot scensko ozadje, pojavi zaraščanja ...),
    3. vode (prisotnost vodne površine v sceni, slapovi ali brzice ...),
    4. arhitektura (pogled na etnografsko zanimivo hišo, kozolec, vas, mestno jedro ali na izjemno kakovostno novejšo arhitekturo ...),
    5. kompozicija (izrazit vizualni poudarek, okvir, globinsko vodilo, barvitost, kontrastnost, simbolna pričevalnost, romantičnost ...),
    6. antropogeni degradacijski pojavi (izrazito moteča odlagališča, peskokopi, industrija, črne gradnje ...);

4. glede na prvih pet spremenljivk je maksimalno število točk za lokacijo 5 x 3 = 15, z multiplikatorjem 2 (šesta spremenljivka, ni degradacijskih vplivov) pa 30. Vidno izpostavljenost uporabimo kot korekcijski multiplikator. Model naj se kontrolira/kalibrira na osnovi ocen, pridobljenih z anketo populacijskega vzorca (vsaj 50 anketirancev);
5. na osnovi modela scenske kvalitete ugotovimo, kje bi zaraščanje lahko naredilo največ škode.

Ekspertni model pa zaradi omejitev, ki jih nalagajo na eni strani razpoložljivi vhodni podatki, na drugi pa razpoložljivi nabor GIS-orodij (kar vse zožuje izbor merljivih fizičnih kazalnikov krajine), v nekaterih podrobnostih od teh predlogov vendarle tudi odstopa. Model smo preverili s pomočjo ocenjenih preferenc enega segmenta javnosti. Ugotovili smo jih z anketiranjem skupine študentov krajinske arhitekture ter gozdarstva.

Za primerjavo smo pripravili še drug model vizualne kvalitete krajine, kjer pa smo uporabili statistični pristop. Z regresijsko analizo smo ugotavljali povezave med že obstoječimi rezultati strokovnega vrednotenja prostora (Marušič 1998) in merljivimi fizičnimi kazalniki krajine. Končna sinteza nato združuje najboljše plati obeh pristopov v kvantitativni prostorski model za vrednotenje vizualnoestetske kvalitete krajine v odvisnosti od zaraščanja.

10.4.1 Vplivi na vizualno-estetsko kvaliteto krajine

10.4.1.1 Relief

Faktor reliefa vključuje vplive števila vidnih horizontov, razgibanosti reliefa ter gora kot scenskega ozadja (Pogačnik 2000b). Dodali smo še vpliv vidne površine reliefa, ki skupaj s številom vidnih horizontov označuje vidno izpostavljenost, ki je tudi eden od elementov vrednotenja (Pogačnik in Prelovšek 1987). V širšem smislu gre tu za problem preučevanja oblikovitosti reliefa. S tem problemom se tradicionalno ukvarja geomorfologija, ki je v zadnjih desetletjih prešla od ročnih metod raziskovanja reliefa k metodam, ki temeljijo na digitalnem modelu reliefa ter uporabi GIS. V splošnem je digitalni model reliefa (DMR) kompleksna digitalna predstavitev terena, ki vključuje višinske točke ter značilne črte in točke terena. V ožjem smislu DMR vsebuje le podatke o nadmorskih višinah. Pravilneje ga v tem

primeru imenujemo digitalni model višin, vendar se je v Sloveniji že uveljavila napačna raba, zato bomo tudi mi v nadaljevanju uporabljali izraz DMR. Za raziskovalno območje smo imeli na razpolago DMR z višinskimi podatki v sistematični mreži z gostoto 100 x 100 m (v nadaljevanju DMR100). DMR100 omogoča izdelavo kart vidnosti, izračun kart naklonov terena, usmerjenosti, konveksnosti in konkavnosti terena, določanje značilnih točk in črt terena, analize razvodij, 3D-prikaze ipd. Vse te funkcije so ali vdelane v GIS-programske pakete, ali pa se jih da izvesti z ustrezno kombinacijo elementarnih operacij. Žal nam dosegljiva GIS-programska oprema ni omogočala zajema vseh za nas pomembnih vplivov reliefa, zato smo sami sprogramirali nekaj manjših GIS-orodij.

10.4.1.1.1 Vidni horizonti

Karta VIDHOR naj bi za vsako točko v prostoru prikazovala, koliko horizontov (tj. grebenov okoliškega hribovja) je vidnih, upoštevajoč pri tem relief ter poraščenost z gozdom leta 1995. V različnih smereh je število horizontov lahko različno, zato je treba ugotoviti neko srednjo vrednost. Čeprav je problem enostaven, v nam znanih in dostopnih GIS-paketih nismo našli ustreznega algoritma za pripravo take karte. Pogojno bi ustrezal program VISIBILITY v paketu ArcTIN, ki pa je namenjen ugotavljanju vidnosti majhne skupine točk iz druge (majhne) skupine točk. Predpostavlja, da je vnaprej znano, katere točke reliefa so na grebenu, povrhu pa ni primeren za uporabo pri zelo velikem številu točk (DMR100 ima 159.800 točk). Odločili smo se torej napisati lasten program (Dodatek 1), in sicer v objektno orientiranem jeziku Python 2.0. Za ta jezik smo se odločili zaradi njegove fleksibilnosti in hkrati velike moči, predvsem pa zato, ker se ga je lahko naučiti. Več o jeziku si je mogoče prebrati na spletni strani *http://www.python.org* ali v Demšar (2000). Algoritem programa NHOR deluje na pravokotni matriki višinskih točk DMR. Ustavi se v vsaki točki DMR, in v njej za 8 glavnih smeri neba (S, J, V, Z, SV, SZ, JV, JZ) šteje vidne horizonte do neke končne oddaljenosti, ki mu jo določimo. Vidni horizont je definiran kot piksel na analiziranem transektu (tj. proti S, SV, V ... SZ), ki zadošča tem pogojem: (1) viden je z opazovališča in (2) je na grebenu, kar pomeni, da sta piksla pred in za njim nižja. Program nato iz 8 smeri izračuna aritmetično sredino števila vidnih horizontov in jo vpiše kot rezultat na tej točki v prostoru.

Poskusi so pokazali, da imajo majhni lokalni ekstremi v bližini izhodiščne točke velik vpliv na število vidnih horizontov, saj algoritem ni sposoben razločevati pravih gorskih grebenov od nepomembnih lokalnih ekstremov na DMR100. Zato smo vhodni DMR100 filtrirali z nizkopasovnim filtrom z matriko 5 x 5, ki lokalne ekstreme zgladi (tj. za vsak piksel izračuna aritmetično sredino višin v okolici 5 x 5 pikslov oziroma 400 x 400 m). Primerjava pokaže, da se število vidnih horizontov tako zmanjša za dve tretjini. Omeniti je treba tudi, da smo predstavo višin na DMR100 rahlo spremenili glede na pokrovnost v letu 1995, saj dodatna višina gozda na reliefu v bližini točke opazovanja lahko skrije ozadje. Višine DMR100 v zrelem gozdu (tj. gozdu, ki je obstajal že leta 1975) smo povečali za 20 m, v mladem gozdu (tj. zaraslem po letu 1975) pa za 10 m. S poskusi smo ugotovili, da se število horizontov najbolj povečuje do razdalje 5 km, potem pa le še malo. Določilo smo, naj bo doseg štetja horizontov 25 km. Zaradi robnih vplivov smo upoštevali tudi relief do 25 km zunaj dejanskega študijskega območja.

10.4.1.1.2 Razgibanost oz. tip reliefa

Karta RAZGIBAN naj bi na podlagi DMR100 za vsako točko v prostoru prikazala tip reliefa glede na razgibanost. Evans (1998) je mnenja, da so derivati (površinski odvodi) DMR temeljni način za karakterizacijo reliefnih oblik, pa čeprav sami ne morejo podati popolne informacije o reliefu. Take spremenljivke so z namenom analize in klasifikacije reliefa izpeljevali iz DMR številni avtorji, na primer Franklin (1987), Weibel (1989), Eyton (1991) ter Guzzeti in Reichenbach (1994). Evans (1994, str. 123) v pregledni študiji ugotavlja, da so ključne spremenljivke za opis reliefa (tj. so značilne in niso redundantne): naklon reliefa, povprečna nadmorska višina (ponazarja relief), povprečni naklon (ponazarja strmino reliefa) in standardni odklon naklonov (ponazarja heterogenost reliefa). Ker je bilo treba zajeti razgibanost reliefa le v eni karti, smo se odločili tri vplive (naklon, povprečna strmina reliefa v okolici s premerom 1 km ter heterogenost reliefa v okolici s premerom 1 km) združiti in razčleniti v značilne razrede z gručanjem. Pri tem smo uporabili modul ISOCLUST paketa Idrisi. Glede na število "stopnic" v histogramu porazdelitve clustrov smo se odločili za dva razreda (tipa reliefa) na končni karti. En tip predstavlja po večini ravninski relief, drugi pa po večini gričevnat in gorat relief.

10.4.1.1.3 Gore kot scensko ozadje

Karta GORESC naj bi na podlagi DMR100 prikazovala vpliv visokih gora kot scenskega ozadja. Kot visoke gore smo privzeli ves teren, višji od 1500 m, njegov vpliv pa smo ugotavljali po vidnosti glede na relief, pri čemer smo upoštevali tudi poraščenost z gozdom leta 1995 (na enak način kot pri ugotavljanju števila vidnih horizontov). Za analizo vidnosti smo uporabili program VIEWSHED iz paketa Idrisi.

10.4.1.1.4 Vidna površina reliefa

Karta VIDPOV naj za vsako točko v prostoru prikaže, kako veliko površino zajema razgled iz te točke, upoštevajoč pri tem relief ter poraščenost z gozdom leta 1995. Enako kot pri številu vidnih horizontov tudi tu znotraj običajnih in nam dostopnih GIS-paketov ne obstaja primeren algoritem za izdelavo take karte, zato smo sprogramirali lasten program RAZG (Dodatek 2). Spet smo uporabili jezik Python 2.0. Algoritem deluje tako, da v vsaki točki na karti za 8 glavnih smeri neba ugotovi najbolj oddaljeno vidno točko, nato pa izračuna površino "zvezde" v hektarih.

Predstavo višin na vhodnem DMR100 smo rahlo spremenili glede na pokrovnost v letu 1995, saj dodatna višina gozda na reliefu v bližini točke opazovanja lahko skrije ozadje. Višine v zrelem gozdu (tj. gozdu, ki je obstajal že leta 1975) smo povečali za 20 m, v mladem gozdu (tj. zaraslem po letu 1975) pa za 10 m. Doseg preverjanja vidnosti smo omejili na 25 km. Zaradi robnih vplivov smo upoštevali tudi relief do 25 km zunaj dejanskega študijskega območja.

10.4.1.2 Vegetacija

Faktor vegetacije naj bi upošteval naslednje vplive: razgibanost gozdnega roba, preplet gozda s travniki in njivami, prisotnost gozdnih enklav, omejkov in osamljenih dreves v kulturni krajini, gozd kot scensko ozadje ter vidnost zaraščanja (Pogačnik 2000b). V splošnem naj bi bili upoštevani Marušičevi kriteriji za vrednotenje doživljajske prijetnosti krajine (Marušič

1998). Glede na razpoložljive podatke ter možnosti zajema v GIS-okolju je mogoče upoštevati večino, ne pa vseh omenjenih vplivov. Tako smo analizirali naslednje vplive: razčlenjenost gozdnega roba, gozd kot scensko ozadje, vidnost zaraščanja ter vidnost gozdnih enklav. Bistveni podatkovni sloj za analizo vegetacije je karta gozdnega roba za leto 1995, ki je bila narejena iz satelitske slike Landsat TM. Senzor na tem satelitu z geografskim obsegom svoje slike omogoča analize v regionalnem merilu, vendar pa s svojo optično ločljivostjo zahteva tudi nekatere vsebinske in prostorske posplošitve, zaradi česar v analizi prostora ni mogoče ustrezno upoštevati vpliva omejkov ali posameznih dreves. Tako smo v analizo vegetacije vključili naslednje vplive: razčlenjenost gozdnega roba, gozd kot scensko ozadje, vidnost zaraščanja ter vidnost gozdnih enklav.

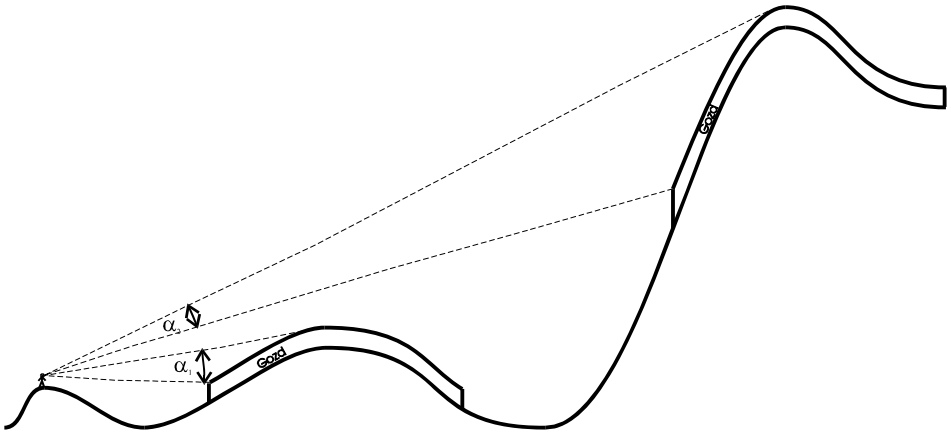
10.4.1.2.1 Razčlenjenost gozdnega roba

Kot merilo razčlenjenosti gozdnega roba smo privzeli dolžino gozdnega roba na površinsko enoto. Prikazuje ga karta CLENGR, pri čemer je referenčna površina, znotraj katere ugotavljamo dolžino gozdnega roba, enaka 1 km^2, dolžina gozdnega roba pa je ocenjena prek površinskega deleža pikslov 25 x 25 m, ki ležijo na gozdnem robu v krožni okolici 41 x 41. Za leto 1995 smo kot gozdni rob vzeli mejo med na eni strani gozdom in grmišči ter vsem ostalim na drugi strani.

10.4.1.2.2 Gozd kot scensko ozadje

Vizualna prisotnost gozda je ocenjena prek vertikalnega zornega kota, ki ga zavzema gozd na vsakem opazovališču. Ta vpliv za stanje gozda leta 1995 prikazuje karta GOZDSC. Tudi ta algoritem smo sprogramirali sami, saj sicer primernega GIS-orodja, ki bi to omogočalo v rastrskem okolju, na tržišču ni. Algoritem – poimenovali smo ga VZKOT (Dodatek 3) – deluje tako, da za vsako točko na DMR pregleda transekte v 8 glavnih smereh in izmeri vertikalni zorni kot, ki ga zavzema vidni gozd (Slika 15), nato pa izračuna povprečje za to gledišče. Pri tem upošteva relief ter višino vegetacije (mladi gozd +10 m, zreli gozd +20 m). Vhodni podatek predstavljata DMR100 in maska gozda. Kot gozd smo upoštevali razreda gozd in grmišče na gozdni karti za leto 1995. Zorni koti so bili ocenjeni na razdalji 5 km, saj

so poskusi pokazali, da upoštevanje vidnosti na večji razdalji močno podaljša čas računanja, zorni kot pa se skoraj ne poveča več. Območje analize smo zaradi omilitve robnega učinka razširili za 5 km zunaj študijskega območja. Za to robno površino smo prevzeli stanje gozda iz leta 1975, ker nam stanje iz leta 1995 tu ni bilo znano. Pri vidnosti smo upoštevali višino opazovalca 1,5 m. Algoritem je sprogramiran v jeziku Python.



Slika 15: Ilustracija načina ugotavljanja vertikalnega zornega kota, ki ga zavzema gozd. Vertikalni zorni kot je v prikazanem primeru enak $\alpha_1 + \alpha_2$.

10.4.1.2.3 Vidnost zaraščanja

Karta VIDZAR odraža vizualni vpliv površin v zaraščanju, pri čemer je ta vpliv odvisen od oddaljenosti analizirane točke od najbližjega grmišča ter od vidnosti tega grmišča iz te točke glede na relief. Vhodni podatek predstavljata karti DMR100 in karta gozdov za leto 1995 (ki prikazuje tudi grmišča). Analiza vidnosti in oddaljenosti je bila narejena z modulom VIEWSHED programa Idrisi. Pri vidnosti smo upoštevali višino opazovalca 1,5 m, višine na DMR100 pa smo prilagodili glede na gozdni pokrov na enak način kot pri karti GOZDSC.

10.4.1.2.4 Vidnost gozdnih enklav

Karta VIDGE prikazuje vizualni vpliv gozdnih krp oziroma enklav v kmetijski krajini, in sicer glede na stanje gozda iz leta 1995. Vizualni vpliv je odvisen od oddaljenosti analizirane točke od najbližje gozdne krpe ter od njene vidnosti glede na relief. Kot gozdne krpe smo privzeli vse tiste zaključene gozdne površine, ki ne presegajo 10 ha. Vhodni podatek sta predstavljali karta gozdov in karta DMR100. Pri vidnosti smo upoštevali višino opazovalca 1,5 m, višine na DMR100 pa smo prilagodili glede na gozdni pokrov na enak način kot pri karti GOZDSC. Analiza vidnosti in oddaljenosti je bila narejena z modulom VIEWSHED programa Idrisi.

10.4.1.3 Vode

Karta VIDVODE odraža faktor vizualnega vpliva voda, ki je odvisen od velikosti vodnega telesa, njegove oddaljenosti od analizirane točke ter vidnosti glede na relief. V analizi smo upoštevali le tista vodna telesa, ki so dovolj velika za preučevanje pri merilu 1 : 100.000. Kriterij je bila vidnost na satelitski sliki Landsat TM. Temu ustrezajo Cerkniško jezero ter reke Vipava, Pivka, Nanoščica, Reka in Unica. Vidnost smo ocenjevali glede na DMR100, kjer pa smo višine prilagodili glede na gozdni pokrov na enak način kot pri karti GOZDSC. Zaradi izrazite razlike v velikosti vodnega telesa smo posebej vrednotili vpliv rek ter posebej Cerkniškega jezera.

10.4.1.4 Arhitektura

Karta ARH prikazuje faktor vizualnega vpliva krajinsko pomembnih arhitektonskih spomenikov, pri čemer je ta vpliv odvisen od pomena spomenika, njegove oddaljenosti od analizirane točke ter od vidnosti glede na relief. Kot pomembne spomenike smo privzeli tiste, ki so kot taki našteti v ZSV (1974) in ki so hkrati relevantni glede na merilo in vsebino naše raziskave (Preglednica 14). To so arhitektonsko pomembna ruralna naselja, gradovi in

sakralni spomeniki. Vrednostna ocena prostora glede na ta vidik je odvisna od možnosti pogleda na spomenik. Možnost pogleda pa je odvisna od vidnosti (glede na relief in gozdnatost ter zaraščanje) ter od oddaljenosti od objekta. Pri vidnosti smo upoštevali višino opazovalca 1,5 m, višine na DMR100 pa smo prilagodili glede na gozdni pokrov na enak način kot pri karti GOZDSC.

Preglednica 14: Upoštevani arhitekturni objekti.

ID	Objekt	Tip objekta
1	Goče	Ruralno naselje
2	Koče pri Prestranku	Ruralno naselje
3	Planina pri Postojni	Ruralno naselje
4	Podnanos	Ruralno naselje
5	Prem	Ruralno naselje
6	Haasberg – Planina	Grad
7	Lož	Grad
8	Planina - Mali grad	Grad
9	Predjama	Grad
10	Prem	Grad
11	Vipava	Grad
12	Zemono	Grad
13	Snežnik	Grad
14	Cerkev Marijinega Rojstva, Cerknica	Cerkev

10.4.1.5 Kompozicija

Pogačnik (1986, 1987) opaža, da nekateri značilni krajinski motivi vedno znova privabljajo množice občudovalcev, turistov in fotografov. Ugotavlja, da je iz teh motivov mogoče izluščiti določene zakonitosti (fizične značilnosti, semantične ali simbolične značilnosti, perceptivne in strokovno ocenjene likovnokompozicijske značilnosti), ki pojasnjujejo lepoto motiva. Podobno razmišlja tudi Marušič (1988), ki pa privlačnost krajine izrecno išče tudi v odnosu med konkretnim opazovalcem (z določenim psihičnim stanjem in sposobnostmi) ter konkretno krajino (z določenimi fizičnimi značilnostmi). Oba avtorja navedena načela aplicirata na določene omejene, statične vizure. V postopku velikoprostorskega modeliranja v GIS-okolju, ki ga tu razvijamo, se postavlja še dodatno vprašanje kompozicijskih kriterijev prek celotnega vizualnega kontinuuma. Problem statično določenih likovnokompozicijskih kriterijev, kot so vidni poudarki, dominante, globinska vodila, jasnost in kontrastnost kontur,

robovi, izrazita kompozicija, izrazita uokvirjenost motiva ipd. je v tem, da imajo lahko isti objekti pri pogledih z različnih gledišč oziroma pri različnih izrezih povsem različno kompozicijsko vlogo. Faktor likovnokompozicijskih prvin torej ni enostavno vključiti v GIS-analizo, ki obravnava celoto prostora, ne pa le nekatere značilne vizure. Zato smo v kontekstu GIS prisiljeni poenostaviti likovnokompozicijske prvine krajinskega prostora na le omejen nabor kriterijev, s čimer pa po drugi strani pridobimo možnost obravnave celote prostora. Ti kriteriji so: razgibanost reliefa, pestrost vegetacijskih oblik in simbolni pomen naravnih prvin.

10.4.1.5.1 Razgibanost reliefa

Po Evansu (1998), ki je sistematično preučil vsebinski pomen različnih derivatov rastrskega digitalnega modela reliefa, je mera za razgibanost (Evans uporablja izraz heterogenost) reliefa standardni odklon naklonov terena, izračunan za vsako točko na DMR glede na njeno okolico. Operacija, ki v rastrskem GIS omogoča tak izračun, in jo Chou (1996) uvršča med fokalne GIS-funkcije, je filtriranje. Ta funkcija po celotnem rastru postopoma premika "pomično okno" oziroma matriko (na primer dimenzije 5 x 5), vsakič izračuna standardni odklon naklonov glede na 25 pikslov (v primeru okna 5 x 5) in zapiše vrednost v osrednji piksel matrike – natančneje v istoležni piksel v drugem rastru. Znotraj take matrike je seveda mogoče uporabiti tudi druge operatorje, na primer aritmetično sredino, modus ipd. Postavlja se vprašanje, kako velika naj bo okolica, znotraj katere računamo razgibanost reliefa. Treba je najti kompromis med majhno okolico (ki ne zabriše lokalnih podrobnosti) ter veliko okolico (ki zajame reprezentativni vzorec in izbriše neznačilne lokalne fluktuacije reliefa). Glede na regionalno merilo analize smo se odločili za okolico 1 x 1 km, kar pri ločljivosti rastra 25 m pomeni matriko 41 x 41 pikslov. Drugo vprašanje je oblika okolice, v kateri zasledujemo razgibanost reliefa. Najpogosteje se uporablja kvadratna oblika premičnega okna z neparnim številom pikslov (3 x 3, 5 x 5 ...). Pri večjih dimenzijah pa raje uporabimo okroglo obliko (Slika 14) , saj ima veliko kvadratna okna v diagonalnih drugačne lastnosti kot v kardinalnih. Izbrali smo torej okroglo okno dimenzije 41 x 41, in rezultat je karta RAZGREL.

10.4.1.5.2 Pestrost vegetacijskih oblik

Glede na to, da je vidik vegetacije v naši nalogi poenostavljen na preplet gozda in negozdne krajine, smo se pri tem vidiku osredotočili na prostorski vzorec gozda. Kot merilo pestrosti vegetacijskih oblik smo privzeli število gozdnih zaplat v okolici vsake analizirane točke. To smo ugotovili z modulom PATTERN/NDC programa Idrisi. Operator NDC (*Number of Different Classes*), kot že ime pove, le prešteje število ločenih gozdnih zaplat, deluje pa na omejeno veliki matriki, kar pri danih podatkih pomeni lokalno okolico 600 x 600 m. Pestrost vegetacijskih oblik prikazuje karta PESTVEG.

10.4.1.5.3 Simbolni pomen naravnih prvin

Vpliv simbolnega pomena naravnih prvin prikazuje karta SIMBNAR. Kot nosilce simbolnega pomena med objekti naravne dediščine smo upoštevali tiste, ki (1) jih je glede na merilo mogoče zajeti in ki (2) jih kot pomembne omenja tudi Marušič (1998b, 1998c). To so:

1. meandri reke Unice na Planinskem polju,
2. Cerkniško jezero,
3. skalnata pobočja Trnovskega gozda in Nanosa na severnih obronkih Vipavske doline ter travnate planjave na slemenu Nanosa,
4. obsežni strnjeni gozdni kompleks na Javorniško–Snežniškem pogorju.

Ugoden vizualni vpliv naštetih objektov na poljubno točko v prostoru smo upoštevali glede na njihovo vidnost ter oddaljenost, posebej za vsak objekt (Preglednica 15). Pri analizi vidnosti smo reliefu dodali določeno višino glede na gozdni pokrov na enak način kot pri karti GOZDSC.

Preglednica 15: Intenzivnost vpliva glede na objekt in oddaljenost.

Objekt	Oddaljenost [m] glede na stopnjo vpliva		
	Močan vpliv	Srednji vpliv	Šibak vpliv
Unica	5000*	2500	1250
Cerkniško jezero	10000	5000	2500
Nanos, Trnovski gozd	10000	5000	2500
Javorniško-Snežniško pogorje	10000	5000	2500

*Pragovi oddaljenosti so bili določeni izkustveno glede na velikost objekta

10.4.1.6 Antropogeni degradacijski vpliv

Faktor antropogenih degradacijskih vplivov prikazuje karta ANTRDEG. Kot vir antropogenih degradacijskih vplivov smo upoštevali objekte, ki prostor vizualno degradirajo. Upoštevali smo tiste objekte, ki jih je glede na merilo mogoče zajeti. To so tovarne, industrijske farme, deponije, kamnolomi in vojašnice. Kriteriji za degradacijo prostora so bili:

1. vidnost objekta glede na relief, pri čemer smo upoštevali višino objekta (Preglednica 16) ter povišan relief glede na gozdni pokrov na enak način kot pri karti GOZDSC,
2. velikost objekta – t.j. površina, ki jo zavzema (Preglednica 17),
3. oddaljenost objekta.

Preglednica 16: Privzeta višina objektov.

Koda	Objekt	Privzeta višina objekta [m]
1	Tovarna	20
2	Ind. farma	10
3	Deponija	0
4	Vojašnica	20
5	Kamnolom	0

Preglednica 17: Intenzivnost vpliva glede na velikost in oddaljenost objekta.

P objekta [ha]	Radij [m] glede na stopnjo vpliva		
	Močan vpliv	Srednji vpliv	Šibak vpliv
do 1 ha	1000*	500	250
1 do 4 ha	2000	1000	500
nad 4 ha	4000	2000	1000

*Pragovi oddaljenosti so bili določeni izkustveno

10.4.2 Ekspertni model

Vsakega od vplivnih faktorjev, prikazanih na tematskih kartah, ki smo jih izdelali v prejšnji fazi naloge, smo nato posebej valorizirali glede na njegov vpliv na vizualno kakovost krajine. Ekspertni model je linerana kombinacija valoriziranih faktorjev (tj. reliefa, vegetacije, voda, arhitekture, kompozicije ter antropogenih degradacijskih vplivov). Valorizirane vrednosti faktorjev so standardizirane na interval 0 .. 1, vsak faktor pa ima ponder, ki določa njegov relativni pomen. Vsota ponderjev je tudi 1, tako da zavzema vrednost ocen vizualne kvalitete tudi interval 0 .. 1. Splošna oblika ekspertnega modela je:

$$EKSPMOD = \Sigma (X_i \cdot W_i),$$

pri čemer so:

EKSPMOD ocena vizualne kvalitete krajine v določenem pikslu,

X_i valorizirani vplivni faktorji (npr. relief),

W_i glavni ponderji,

$\Sigma W_i = 1$

in:

$$X_i = \Sigma (x_{ij} \cdot w_{ij}),$$

x_{ij} valorizirani delni vidiki vplivnega faktorja (npr. št. vidnih horizontov),

w_{ij} ponder,

$\Sigma w_{ij} = 1$

Pri valorizaciji posameznih faktorjev (Preglednica 18) oziroma njihovih delnih vidikov ter določanju ponderjev (Preglednica 19) smo se poslužili strokovnih ocen, ki smo jih utemeljili na rezultatih drugih avtorjev, povzetih v petem poglavju (Fenton 1988, Fry in Sarlöv-Herlin 1997, Leitao 1997, Marušič 1998, Palmer in sod. 1998, Pogačnik in Prelovšek 1987, Pogačnik in sod. 1996, Pogačnik 2000b, Steinitz 1990, USDI – BLM 2000).

Preglednica 18: Valorizacija vplivnih faktorjev oz. njihovih delnih vidikov.

1. Relief

Vidni horizonti (VIDHOR)

Število vidnih horizontov	Vrednotenje [točk]
1	0,00
2	0,33
3	0,66
4 in več	1,00

Razgibanost / tip reliefa (RAZGIBAN)

Tip reliefa	Vrednotenje [točk]
Ravninski	0,00
Gričevnat / gorat	1,00

Gore kot scensko ozadje (GORESC)

Vidnost gora	Vrednotenje [točk]
Niso vidne	0,00
Vidne	1,00

Vidna površina reliefa (VIDPOV)

Vidna površina [km^2]	Vrednotenje [točk]
0 – 2	0,00
2 – 4	0,33
4 – 8	0,66
8 in več	1,00

2. Vegetacija

Razčlenjenost gozdnega roba (CLENGR)

Dolžina gozdnega roba na površinsko enoto [km / km^2]	Vrednotenje [točk]
0 – 4	0,00
4 – 8	0,33
8 – 12	0,66
12 in več	1,00

Gozd kot scensko ozadje (VZKOT)

Vertikalni zorni kot [°]	Vrednotenje [točk]
0 – 2	0,33
2 – 6	0,66
6 in več	1,00

Vidnost zaraščanja (VIDZAR)

Vidnost in oddaljenost grmišč	Vrednotenje [točk]
Vidno, oddaljeno do 200 m	0,00
Vidno, oddaljeno do 500 m	0,33
Vidno, oddaljeno do 1 km	0,66
Ni vidno ali oddaljeno nad 1 km	1,00

Vidnost gozdnih enklav (VIDGE)

Vidnost in oddaljenost gozdnih enklav	Vrednotenje [točk]
Vidno, oddaljeno do 200 m	0,00
Vidno, oddaljeno do 500 m	0,33
Vidno, oddaljeno do 1 km	0,66
Ni vidno ali oddaljeno nad 1 km	1,00

3. Vode

Vode (VIDVODE)

Vidnost in oddaljenost vodnega telesa		Vrednotenje [točk]
Reke	Jezera	
Vidno, oddaljeno do 200 m	Vidno, oddaljeno do 500 m	1,00
Vidno, oddaljeno do 500 m	Vidno, oddaljeno do 1 km	0,66
Vidno, oddaljeno do 1 km	Vidno, oddaljeno do 5 km	0,33
Ni vidno ali oddaljeno nad 1 km	Ni vidno ali oddaljeno nad 5 km	0,00

4. Arhitektura

Arhitektura (ARH)

Vidnost in oddaljenost pomembnih arhitekturnih spomenikov	Vrednotenje [točk]
Vidno, oddaljeno do 500 m	1,00
Vidno, oddaljeno do 1 km	0,66
Vidno, oddaljeno do 2 km	0,33
Ni vidno ali oddaljeno nad 2 km	0,00

5. Kompozicija

Razgibanost reliefa (RAZGREL)

Standardni odklon naklonov terena v okolici [°]	Vrednotenje [točk]
0 – 4	0,00
4 – 6	0,33
6 – 8	0,66
8 in več	1,00

Pestrost vegetacijskih oblik (PESTVEG)

Število gozdnih krp v okolici	Vrednotenje [točk]
1	0,00
2	0,33
3	0,66
4 in več	1,00

Simbolni pomen naravnih prvin (SIMBNAR)

Jakost vizualnega vpliva	Vrednotenje [točk]
Ni vpliva	0,00
Šibak vpliv	0,33
Srednji vpliv	0,66
Močan vpliv	1,00

6. Antropogeni degradacijski vpliv

Antropogeni degradacijski vpliv (ANTRDEG)

Jakost vizualnega vpliva	Vrednotenje [točk]
Ni vpliva	0,00
Šibak vpliv	0,33
Srednji vpliv	0,66
Močan vpliv	1,00

Preglednica 19: Določanje ponderjev (W) za vplivne faktorje in (w) za njihove posamične vidike.

Vplivni faktor	W faktorja	Vidik	Ime	w vidika
Reilef	0,17	Vidni horizonti	VIDHOR	0,20
		Razgibanost / tip reliefa	RAZGIBAN	0,20
		Gore kot scensko ozadje	GORESC	0,10
		Vidna površina reliefa	VIDPOV	0,50
		SKUPAJ		1,00
Vegetacija	0,17	Razčlenjenost gozdnega roba	CLENGR	0,20
		Gozd kot scensko ozadje	GOZDSC	0,20
		Vidnost zaraščanja	VIDZAR	0,40
		Vidnost gozdnih enklav	VIDGE	0,20
		SKUPAJ		1,00
Vode	0,17	Vidnost voda	VIDVODE	1,00
		SKUPAJ		1,00
Arhitektura	0,17	Vidnost arhitektonskih spomenikov	ARH	1,00
		SKUPAJ		1,00
Kompozicija	0,17	Razgibanost reliefa	RAZGREL	0,33
		Pestrost vegetacijskih oblik	PESTVEG	0,33
		Simbolni pomen naravnih prvin	SIMBNAR	0,33
		SKUPAJ		1,00
Degradacija	0,17	Antropogeni degradacijski vplivi	ANTRDEG	1,00
		SKUPAJ		1,00
SKUPAJ	1,00			

Ekspertni model smo preverili s pomočjo izmerjenih preferenc javnosti. Po Sancarju (1988) smo privzeli, da estetske preference, ki jih zajamemo z anketo na vzorcu populacije, ponazarjajo prevladujoče preference tega dela javnosti. Zaradi omejenega obsega naloge pa ankete o vizualnoestetskih preferencah nismo mogli izvesti na vzorcu, ki bi bil reprezentativen za široko javnost. Zadovoljiti smo se morali s 60 študenti Biotehniške fakultete iz oddelkov za krajinsko arhitekturo ter gozdarstvo. Zaradi znanja, ki ga ima ta populacija o krajini in gozdu, domnevamo, da se od splošne javnosti razlikuje tudi v svojem odnosu do krajine in ima zato verjetno tudi drugačna merila.

Izhodišče za anketo predstavlja 63 barvnih fotografij gozdnega roba. Gozdni rob je v tej raziskavi definiran kot meja med gozdom in kmetijskimi površinami (travniki, njive) in je lahko jasno začrtan ali pa ima tudi lastnosti ekotopa (postopen prehod od odraslega gozda prek grmišč in zaraščajočih se opuščenih travnikov do vzdrževanih kmetijskih površin). Gozdni rob smo vedno fotografirali s stojišča na čistini, tj. iz smeri negozda proti gozdu. Na fotografijah je gozdni rob prikazan na različnih oddaljenostih od opazovalca (od neposredne bližine pa do 1 km), zastopane so vse oblike gozdnega roba, ki prevladujejo na študijskem območju (glede na stopnjo razčlenjenosti, difuznosti in vrstne sestave). Prav tako so zastopane raznolike vrste reliefa (glede na naklon in razgibanost). Fotografije smo posneli 27. junija 2000 med 9. in 17. uro v delno oblačnem vremenu in pri odlični vidljivosti. Stojišča so locirana slučajnostno, vendar zaradi lažje logistike v pasu do 50 m od pomembnejših cest (kar so za namen te raziskave vse ceste, ki so predstavljene na digitalni karti TK50). Vsa stojišča so zunaj gozda in na različnih oddaljenostih od gozdnega roba. Tudi stojišča smo določili z GIS-postopki z analizo oddaljenosti in prostorskimi preseki bufferskih con. Za snemanje smo uporabili 35-milimetrski fotoaparat in zaradi čim manjšega perspektivnega popačenja objektiv z dolgo goriščnico (110 mm). Smeri fotografiranja smo izbrali subjektivno na terenu, in sicer tako, da so z vsakega gledišča zajeti pogledi na vse tipe gozdnega roba, ki so vidni. Pri tem smo se izogibali zgradbam, cestam in drugim antropogenim objektom, saj je znano, da vplivajo na preferenco (faktor skrivnostnosti po Kaplanu ali likovni element "vodilo" po Pogačniku) in s tem popačijo ocene. Ker je predmet ocenjevanja estetska percepcija gozdnega roba, smo se pri fotografiranju izogibali tudi vsem drugim rabam tal, razen gozda, grmišč in kmetijskih površin (travniki, njive). Da ne "koncentriramo" večine estetskih ocen v ozkem intervalu okoli sredine, smo se izogibali tudi ekstremno neprivlačnim in ekstremno prikupnim scenam. Zaradi primerljivosti so vse vizure horizontalne, fotografije so v ležečem formatu in namenoma je bila prezrta možnost "skladnega" oblikovanja slike.

Fotografije smo skenirali z ločljivostjo 135 DPI, barvno izboljšali in digitalno izostrili s programom Adobe Photoshop. Za osnovo fotoankete smo pripravili avtomatsko predstavitev slik s programom MS Powerpoint, kjer se slike vrstijo v slučajnostnem zaporedju in z določenim časovnim intervalom. Anketirancem smo jih predvajali z LCD-projektorjem z ločljivostjo 800 x 600 pikslov in 24-bitno barvno paleto (16,8 milijona barv) na filmsko platno velikosti 3 x 2 m. Slike so si ogledali dvakrat. Prvič so si jih ogledali z 1-sekundnim intervalom, da spoznajo kontekst in si ustvarijo ocenjevalna merila. Pri drugem prikazovanju s 15-sekundnim intervalom so slike ocenjevali na anketne liste. Pred začetkom smo jim

pojasnili, da potrebujemo njihove subjektivne ocene, ki naj se nanašajo na vizualnoestetski vidik prikazane krajine s posebnim ozirom na gozdni rob. Ocenjevalna lestvica ima 5 stopenj (1 = ni mi všeč ... 5 = zelo mi je všeč). Taka lestvica je bila uporabljena tudi v številnih podobnih predhodnih raziskavah, pa tudi lastna predhodna testiranja so pokazala, da je 10-stopenjska lestvica intuitivno teže dojemljiva, saj je razpon ocen pri nekaterih anketirancih segal od 1 do 10, pri drugih pa od 5 do 10.

Kjub temu je analiza rezultatov anketiranja pokazala, da so imeli anketiranci močno različne razpone ocenjevanja. Zato smo te zaradi primerljivosti ocen pretvorili po spodnjem obrazcu, tako da so vsi anketiranci imeli enako aritmetično sredino ocen (enako 0) in enak standardni odklon ocen (enak 1). Obrazec za pretvorbo je:

$$z = (x - x_{sred}) / \sigma,$$

Pri čemer so:

z pretvorjena ocena določene slike določenega anketiranca,

x originalna ocena določene slike določenega anketiranca,

x_{sred} aritmetična sredina vseh ocen določenega anketiranca,

σ standardni odklon vseh ocen določenega anketiranca.

Za kasnejšo uporabo pri kontroli ekspertnega modela smo ocene standardizirali na interval 0 .. 1.

Anketo smo nato z drugim vzorcem anketirancev ponovili še na drugačen način. Namesto da bi fotografije prikazovali eno za drugo, smo jih prikazali na anketnem listu vse hkrati in tako anketirancem omogočili neposredno primerjavo. Druga sprememba pri tej anketi pa je bil zožen izbor fotografij, saj smo želeli meriti preference na najbolj medsebojno primerljivih fotografijah. Tako smo izločili vse neizrazite fotografije, ki prikazujejo preozek izrez iz pejsaža in ki zato anketirancem ne dajejo dovolj informacij. Za anketo je tako preostalo 35 fotografij.

Izmerjene preference (tj. povprečne ocene fotografij) je bilo nato treba prirediti ustreznim delom prostora, tj. ustreznim pikslom v rastrskem GIS, in sicer tako, da za vsako fotografijo prepoznamo, kateri piksli so na njej vidni. V grobem sta se ponujali dve možnosti:

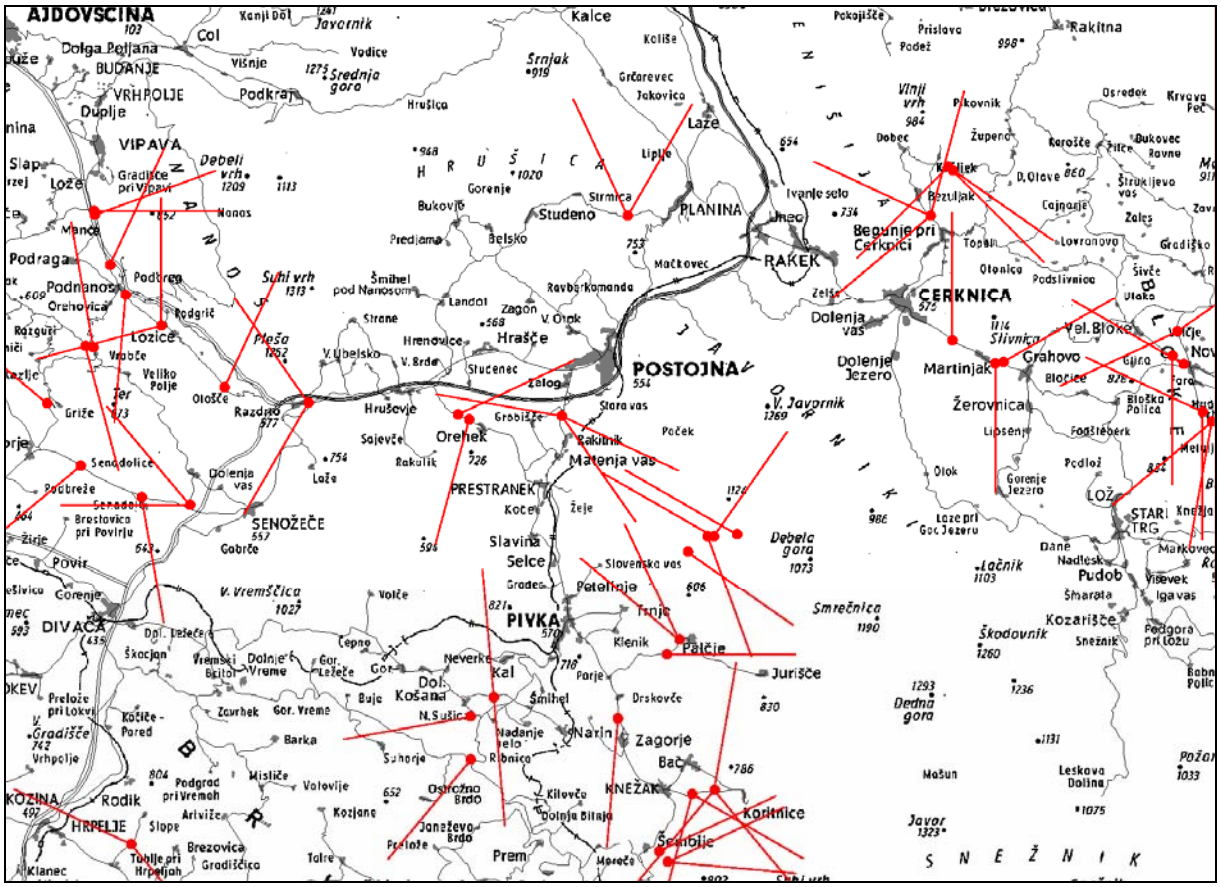
1. upoštevati vse na sliki vidne piksle, ali pa

2. upoštevati le najpomembnejše vidne piksle oziroma tiste, ki so najverjetneje vplivali na oceno fotografije.

Prva možnost je tehnično teže izvedljiva, predvsem pa v sebi skriva sistematično napako: vidni stožec je tem širši, čim dlje je od gledišča, zaradi česar bi v vzorcu, ki bi bil osnova za model, prevladale od opazovalca najbolj oddaljene površine. Odločili smo se raje za drugo možnost, tako da smo upoštevali piksle, ki zadovoljujejo naslednje kriterije:

1. vidni so iz vsakokratne točke fotografiranja,
2. so na liniji smeri fotografiranja,
3. oddaljene so največ do 5 km od stojišča,
4. niso na stojišču ali na sečišču smeri fotografiranja,
5. so izven gozda ali grmišč ter izven naselij (zajemajo torej le razrede 1, 2, 5 in 6 – Slika 19).

Smisel prvega kriterija je očiten, drugi kriterij pa sicer močno poenostavlja vplivno območje za estetsko oceno, vendar odpravlja prej omenjeno sistematično napako. Tudi tretji kriterij zmanjšuje vpliv zelo oddaljenih površin na regresijski model. Četrti kriterij preprečuje dvojno štetje pikslov na sečiščih vizur. Pikslov, ki zadovoljujejo prve 4 kriterije, je 2139 (Slika 16). Ker pa je predmet modeliranja le zunajgozdni prostor, smo dodali še peti kriterij, s čimer se je vzorec zmanjšal na 888 pikslov (Slika 17).


AJDOVŠČINA
Col
Dolga Poljana
BUČANJE
VRHPOLJE
Dupljе
VIPAVA
Podkraj
Kalce
Srnjak
Srednja gora
Hrušica
Laze
Lipje
Strmica
Studeno
PLANINA
RAKEK
Begunje pri Cerkvici
CERKNICA
Dolenja vas
Martinjak
Grahovo
Žerovnica
POSTOJNA
Hrašče
Hrenovice
Zelog
Stara vas
Orehek
Matenja vas
PRESTRANEK
Slavina
Selce
Pivka
Palčje
Jurišče
Zagorje
Naklo
KNEŽAK
Koritnice
Šembilje
Prem
Hrušovje
Razdrto
Ologše
Lozice
Podnanos
Podraga
Lože
Senožeče
Divača
Kozina
Hrpelje
Rakitna
Pudob
Kozarišče
Snežnik
Javor
Dedna gora
Smrečnica
Debela gora
Lačnik
Suhi vrh
Plešo
Debeli vrh
Vinji vrh
Slivnica
Vel. Bloke
Dolenje Jezero
Gorenje Jezero
Loze pri Gor. Jezeru
STARI TRG
LOŽ
Mašun
Leskova Dolina
Klanec
Tublje pri Hrpeljah
Brezovica
Gradišča
Slope
Artviže
Podgrad pri Vremah
Rodik
Kozjane
Janeževo Brdo
Osrčno Brdo
Kilovče
Dolnja Bitnja
Moreče
Talre
Prelože
Volovlje
Misliče
Barka
Suhorje
Ribnica
Nadanje selo
Šmihel
Drskovče
Bač
Klenik
Trnje
Potočnje
Slovenska vas
Kočevje
Žeje
Poček
Rakitnik
Grobišče
Sajevče
Rakulik
Lože
Senožeče
Brestovica pri Povirju
Povir
Gorenje
Volče
Cepno
Neverke
Kal
Dol. Košana
N. Sušica
Buje
Zavrhek
Gor. Vreme
Dolnje Vreme
Vremski Britof
Škocjan
Dol. Ležeče
Gor. Ležeče
Prelože pri Lokvi
Kočiče - Pared
Gradišče
Vrhpolje
Podnanos
Orehovica
Podgrič
Razgurt
Vrabče
Velika Polje
Griže
Ter
Senadolice
Podbreže
Podbrdo
Nanos
Mnenje
Gradišče pri Vipavi
Bukovje
Predjama
Belsko
Šmihel pod Nanosom
Landol
Zagon
V. Otok
Ravbarkomanda
Mačkovec
Ivanje selo
Dobec
Pikovnik
Bezuljak
Pokojišče
Prislava
Podež
Osredek
Krvava Peč
Karošče
Žiče
Dukovec
Ravne
D. Otave
Štrukljevo vas
Cajnarje
Žalec
Lovranovo
Gradiško
Topolnik
Otonica
Podslivnica
Šivče
Utako
Bloke
Gira
Bločice
Bločka Polica
Fogšlebark
Podlož
Olek
Dane
Nadlesk
Šmarata
Igavas
Markovec
Višnjek
Podgora pri Ložu
Škodovnik
Lačnik
Mašun
Javor
Požar
Kalce
Koliše
Grčarevec
Jakovica
Vodice
Vrhnika
Javornik
Col
Višnje
Hrušica
Srednja gora
Srnjak
Gorenje
Bukovje
Predjama
Belsko
Studeno
Strmica
Lipje
Laze
Mačkovec
Ravbarkomanda
Zagon
V. Otok
Hrašče
Hrenovice
Zelog
Stara vas
Poček
Rakitnik
Grobišče
Orehek
Matenja vas
Sajevče
Rakulik
Lože
Senožeče
Brestovica pri Povirju
Povir
Gorenje
Volče
Cepno
Neverke
Kal
Dol. Košana
N. Sušica
Buje
Zavrhek
Gor. Vreme
Dolnje Vreme
Vremski Britof
Škocjan
Dol. Ležeče
Gor. Ležeče
Prelože pri Lokvi
Kočiče - Pared
Gradišče
Vrhpolje
Podnanos
Orehovica
Podgrič
Razgurt
Vrabče
Velika Polje
Griže

Slika 17: Dejanski vzorec – pretežni del pikslov teoretičnega vzorca je bil izločen, ker niso vidni iz stojišč fotografij ali pa ker padejo v gozd.

10.4.3 Statistični model

Za primerjavo smo pripravili še drugi model vizualne kvalitete krajine, kjer pa smo uporabili statistični pristop. Z regresijsko analizo smo ugotavljali povezave med že obstoječimi rezultati strokovnega vrednotenja prostora (Marušič 1998) in merljivimi fizičnimi kazalci krajine. Ta valorizacija prostora temelji na znanih strokovnih kriterijih, ki pa jih seveda ni mogoče opredeliti povsem prostorsko (v smislu GIS slojev) in jih ni mogoče povsem kvantificirati. Regresijska analiza pa lahko pokaže morebitne povezave z merljivimi fizičnimi kazalci krajine.

Vrednostne ocene po Marušiču so v razponu od 1 (najkvalitetnejša krajina) do 5 (zelo nekvalitetna krajina) in zaradi primerljivosti smo jih pred nadaljevanjem analize pretvorili po naslednji shemi:

Ocene po Marušiču	Standardizirane ocene
5 (slabo)	0,2
4	0,4
3	0,6
2	0,8
1 (dobro)	1,0

Na Uradu za prostorsko planiranje Ministrstva za okolje in prostor smo pridobili vektorski GIS-sloj s členitvijo Slovenije na Marušičeve krajinske enote ter njihovimi vrednostnimi ocenami. GIS-sloj smo pretvorili v rastrski format. Po zgornji tabeli se transformirane ocene za raziskovalno območje gibljejo od 0,4 do 1,0, velika večina pa jih je v razmeroma ozkem območju med 0,6 in 1,0.

Regresijsko analizo smo izvedli na vzorcu, ki se bistveno razlikuje od vzorca za kontrolo ekspertnega modela, kajti tu nas ne zanimajo le linije vizur na fotografijah. Zanimala nas je celotna negozdna krajina, natančneje del prostora, ki ne pripada gozdu, grmiščem, naseljem ali vodnim telesom. Upoštevali smo torej območja na karti zaraščanja za obdobje 1975–1995, ki imajo kode 1, 2 in 5. V okviru obravnavane teme lahko ta preostanek imenujemo kmetijski prostor. Znotraj njega smo slučajnostno izbrali 1-odstotni vzorec (7219 pikslov) za regresijsko analizo.

Kot pojasnjevalne spremenljivke smo privzeli iste valorizirane spremenljivke, kot smo jih uporabili pri ekspertnem modelu. Izmed teh spremenljivk pa smo v regresijskem modelu upoštevali le tiste, ki so relevantne za Marušičevo metodologijo vrednotenja. Izločili smo tiste vplivne faktorje, ki zaradi svoje vsebine ali pa načina zajema v GIS nimajo vsebinske povezave z omenjeno metodologijo vrednotenja. To so GORESC (gore kot scensko ozadje), VIDGE (vidnost gozdnih enklav), ARH (arhitektura), PESTVEG (pestrost vegetacijskih oblik) in ANTRDEG (antropogeni degradacijski vplivi). Naknadno smo iz modela izločili še tiste vplivne faktorje, za katere nismo ugotovili statistične značilnosti pri vsaj 90-odstotnem intervalu zaupanja.

10.5 Uporaba modela za ocenjevanje sprejemljivosti zaraščanja

V nadaljevanju smo prikazali enega od možnih načinov uporabe modela vizualnoestetske kvalitete krajine, in sicer pri izbiri prednostnih območij za varovanje sedanje podobe krajine pred zaraščanjem. Pri tem nas bolj kot kvaliteta krajine sama po sebi zanima kvaliteta glede na opazovalca. Zato dajemo večjo težo vizualno bolj ranljivim površinam (tj. vidno bolj izpostavljenim). Izbiro prednostnih območij varovanja kulturne krajine pred zaraščanjem smo utemeljili na naslednjih predpostavkah:

1. za odločanje o prihodnji rabi tal je pomembna le vizualnoestetska kvaliteta krajine;
2. ranljivost vizualnoestetske kvalitete kulturne krajine zaradi zaraščanja je največja tam, kjer je vidna izpostavljenost krajine največja;
3. prednostno zaščito pred zaraščanjem zaslužijo tiste negozdne površine, kjer napovedi kažejo močno zaraščanje v prihodnosti in kjer je hkrati kvaliteta krajine danes največja in so površine hkrati vizualno najbolj ranljive.

Najprimernejše izhodišče za določitev ranljivosti vizualnoestetske kvalitete kulturne krajine je tisto gledišče, od koder največ ljudi opazuje okolico. V danem raziskovalnem območju je to avtocesta od Vrhnike proti Kozini, upoštevali pa smo tudi avtocesto po Vipavski dolini vključno s še nezgrajenim odsekom Razdrto–Ajdovščina. Vizualna ranljivost je odvisna od vidne izpostavljenosti (karta VIDAC), ki je funkcija vidnosti glede na relief ter oddaljenosti od gledišča. Vhodni podatek za analizo vidne izpostavljenosti je predstavljal digitalni model reliefa, ki smo mu višine prilagodili glede na gozdni pokrov na enak način kot pri karti GOZDSC. Pri vidnosti smo upoštevali višino opazovalca 1,5 m. Analiza je bila narejena z modulom VIEWSHED programa Idrisi.

Vidno izpostavljenost smo uporabili kot korekcijski multiplikator, s katerim iz modela kvalitete dobimo model ranljivosti po obrazcu:

RANMOD = SINTMOD * VIDAC,

pri čemer so:

RANMOD model ranljivosti,

SINTMOD rezultat sinteznega modela na ravni piksla,

VIDAC vidna izpostavljenost kulturne krajine glede na avtocesto.

Karta VIDAC ima naslednje valorizirane vrednosti:

Vidnost in oddaljenost od AC	Št. točk
Vidno, oddaljeno do 500 m	1,0
Vidno, oddaljeno do 1 km	0,9
Vidno, oddaljeno do 2 km	0,8
Ni vidno ali oddaljeno nad 2 km	0,7

Model prednostnih območij zaščite slednjič dobimo s kombinacijo modela ranljivosti in prognostične karte zaraščanja za obdobje 1995–2015. Obrazec je:

$$ZASCMOD = RANMOD * (ZAR9515)^{0,25},$$

pri čemer so:

ZASCMOD model prednostnih območij zaščite kulurne krajine pred zaraščanjem,

RANMOD model ranljivosti,

ZAR9515 prognoza zaraščanja (po trendu) za obdobje 1995–2015, izračunana z regresijskim modelom INDZAR41.

Poskusi z različnimi eksponenti v gornjem obrazcu so pokazali, da je eksponent 0,25 (četrti koren) najustreznejši, saj tako dosežemo najustreznejšo relativno porazdelitev vplivov v modelu med ranljivostjo in prognozo zaraščanja. Kriterij za izbor eksponenta je bila subjektivna strokovna ocena, ki temelji na poznavanju študijskega območja.

Končni rezultat je karta, ki za vsako točko v prostoru (oziroma natančneje, piksel na karti) podaja vrednost ZASCMOD. Če vse piksle rangiramo po vrednosti ZASCMOD, lahko ugotovimo, kje leži najboljši izbor na primer 1000 ha, kjer bi bila najpotrebnejša prednostna zaščita pred zaraščanjem.

11 REZULTATI

11.1 Inventura in prognoza zaraščanja

11.1.1 Karta gozda 1975

Slika 4 prikazuje razširjenost gozda v raziskovalnem območju za leto 1975. Gozdnatost je tedaj znašala 62 odstotkov, gozda je bilo 99.763 ha. Preglednica 20 kaže gozdnatost po občinah. Tiste, ki niso v celoti znotraj raziskovalnega območja, so omenjene v vrstici ostalo. Od navedenih občin sta bili najbolj gozdnati Cerknica in Postojna, najmanj pa Divača. Preglednica 21 kaže gozdnatost po naravnih geografskih regijah (Gabrovec in sod. 1998). Pri navedenih podatkih je treba upoštevati, da se nanašajo le na tisti del regij, ki so znotraj raziskovalnega območja. Od regij, ki so v območju vsaj s 50 odstotki, je bila najbolj gozdnata regija Javorniki in Snežnik, najmanj pa Pivško podolje in Vremščica.

Preglednica 20: Pregled gozdnatosti in kmetijskih površin po občinah za leto 1975

Občina	Površina gozda [ha]	Gozdnatost [%]	Kmetijske površine [ha]	Delež kmet. površin [%]
Cerknica	14.774	61	7.346	30
Postojna	16.410	61	10.174	38
Pivka	13.339	60	8.776	39
Divača	8.631	58	6.012	41
Ostalo	46.611	65	24.259	34
Skupaj	99.763	62	7.346	30

Način izračuna (za kode v obrazcih gl. Preglednica 12):

- Opozorilo: kmetijske površine so enake Pnegozda – (Pvoda + Pnaseilj), zato vsota gozda in kmetijskih površin ne znaša 100 % (gl. Slika 19).
- Površina gozda = (5) + (6) + (7) + (8)
- Gozdnatost = [(5) + (6) + (7) + (8)] / [(0) + (1) + …. + (8) + (9)]
- Kmetijske površine = (1) + (2) + (3) + (4)
- Delež kmetijskih površin = [(1) + (2) + (3) + (4)] / [(0) + (1) + …. + (8) + (9)]

Preglednica 21: Pregled gozdnatosti in kmetijskih površin po naravno-geografskih regijah za leto 1975

Ime regije	Površina gozda [ha]	Gozdnatost [%]	Kmetijske površine [ha]	Delež kmet. površin [%]
Vipavska dolina	4.390	47	4.727	51
Kras	3.426	40	4.972	58
Brkini in dolina Reke	9.564	59	6.421	40
Podgorski Kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	959	44	1.171	54
Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	16.608	81	3.884	19
Javorniki in Snežnik	25.700	84	4.850	16
Notranjsko podolje	10.297	52	7.408	37
Pivško podolje in Vremščica	13.372	45	15.990	53
Krimsko hribovje in Menišija	7.983	77	2.297	22
Bloke	6.854	59	4.592	40
Velika gora, Stojna in Goteniška gora	612	70	254	29
Skupaj	99.763	62	4.727	51

Način izračuna (za kode v obrazcih gl. Preglednica 12):

- Opozorilo: kmetijske površine so enake Pnegozda – (Pvoda + Pnaseilj), zato vsota gozda in kmetijskih površin ne znaša 100 % (gl. Slika 19).
- Površina gozda = (5) + (6) + (7) + (8)
- Gozdnatost = [(5) + (6) + (7) + (8)] / [(0) + (1) + …. + (8) + (9)]
- Kmetijske površine = (1) + (2) + (3) + (4)
- Delež kmetijskih površin = [(1) + (2) + (3) + (4)] / [(0) + (1) + …. + (8) + (9)]

11.1.2 Karta gozda 1995

Odločitveni drevesi, s katerima smo reklasificirali rezultat nenadzorovane klasifikacije, prikazuje Preglednica 22. Z drugim drevesom smo popravili nekatere napake, ki so še preostale po obravnavi s prvim drevesom. S presejalnim filtriranjem majhnih poligonov smo nato izdelali končno karto gozdov za leto 1995, ki jo prikazuje Slika 18. Gozdnatost po tej karti znaša 75 odstotkov, gozda je 119.258 ha. Najbolj gozdnata je občina Pivka, najmanj pa občina Cerknica (Preglednica 23). Od naravnih geografskih regij je najbolj gozdnata regija Javorniki in Snežnik (Preglednica 24), najmanj pa Notranjsko podolje (od tistih, ki so v raziskovalnem območju vsaj s 50 odstotki).

Preglednica 22: Odločitveni drevesi za sukcesivno reklasifikacijo rezultatov nadzorovane klasifikacije

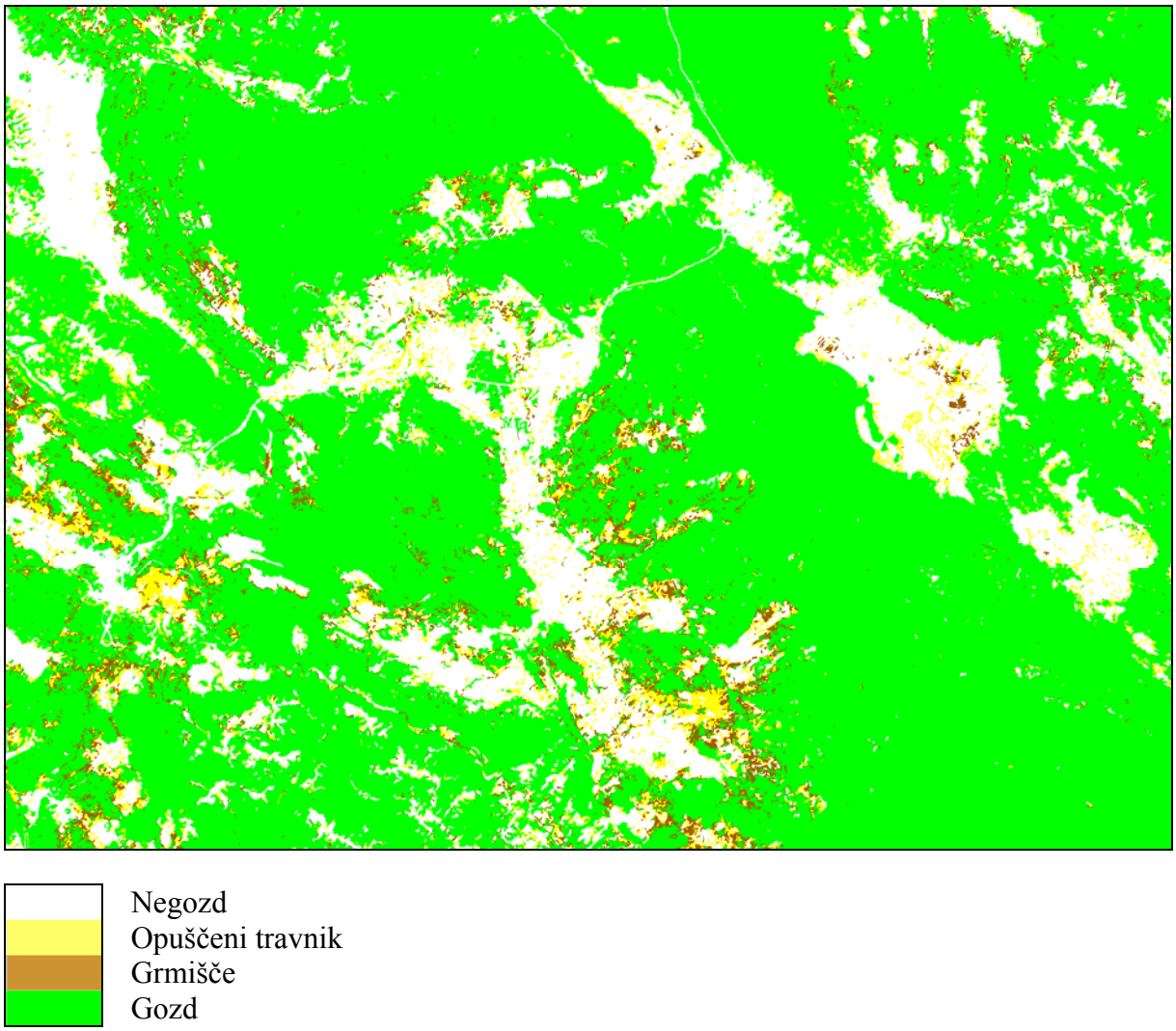
Odločitveno drevo 1

```
NENADZOR_REZ = Gozd:
:..ODD_JEZERO = 0:
:  :..TM5 <= 43: Voda
:  :  TM5 > 43: Mokrišče
:  ODD_JEZERO > 0:
:  :..NAKLON > 0: Gozd
:     NAKLON = 0:
:     :..TM5 <= 50: Gozd
:        TM5 > 50: Mokrišče
NENADZOR_REZ = Obdelano:
:..GOZD75 = Gozd:
:  :..NDVI <= 211: Obdelano
:  :  NDVI > 211: Gozd
:  GOZD75 = Negozd:
:  :..NDVI > 156: Obdelano
:     NDVI <= 156:
:     :..ODD_NAS_AC <= 51: Neporaslo
:        ODD_NAS_AC > 51: Obdelano
NENADZOR_REZ = Mokrišče:
:..NAKLON = 0:
:  :..TM5 <= 50: Gozd
:  :  TM5 > 50: Mokrišče
:  NAKLON > 0:
:  :..ODD_JEZERO = 0: Mokrišče
:     ODD_JEZERO > 0:
:     :..TM5 <= 69: Gozd
:        TM5 > 69: Grmišče
NENADZOR_REZ = Neporaslo:
:..ODD_NAS_AC > 195: Obdelano
:  ODD_NAS_AC <= 195:
:  :..ODD_NAS_AC <= 25: Neporaslo
:     ODD_NAS_AC > 25:
:     :..NDVI <= 105: Neporaslo
:        NDVI > 105:
:        :..ODD_JEZERO = 0: Voda
:           ODD_JEZERO > 0: Obdelano
NENADZOR_REZ = Grmišče:
:..GOZD75 = Gozd: Gozd
   :..TM5 <= 75: Gozd
   :  TM5 > 75: Grmišče
   GOZD75 = Negozd:
   :..NAKLON = 0:
      :..ODD_VODA = 0: Mokrišče
      :  ODD_VODA > 0:
      :  :..NDVI <= 204: Mokrišče
      :     NDVI > 204: Grmišče
      NAKLON > 0:
      :..ODD_NAS_AC <= 430: Obdelano
         ODD_NAS_AC > 430:
         :..POP_GOSTOTA <= 64: Grmišče
            POP_GOSTOTA > 64: Obdelano
```

Odločitveno drevo 2

```
DREVO1_REZULTAT* = Gozd:
:..ODD_JEZERO > 0: Gozd
:  ODD_JEZERO = 0: Voda
DREVO1_REZULTAT = Obdelano:
:..NDVI <= 190: Obdelano
:  NDVI > 190:
:  :..TM5 <= 81: Opuščen_travnik
:     TM5 > 81: Obdelano
DREVO1_REZULTAT = Voda:
:..GOZD75 = Negozd: Voda
:  GOZD75 = Gozd: Gozd
DREVO1_REZULTAT = Mokrišče:
:..GOZD75 = Gozd: Gozd
:  GOZD75 = Negozd: Mokrišče
DREVO1_REZULTAT = Grmišče:
:..TM5 <= 80: Grmišče
   TM5 > 80: Opuščen_travnik
```

* Neodvisna spremenljivka DREVO1_REZULTAT v drugem odločitvenem drevesu vsebuje rezultat klasifikacije s prvim odločitvenim drevesom.



Slika 18: Karta gozda za leto 1995

Preglednica 23: Pregled gozdnatosti in kmetijskih površin po občinah za leto 1995

Občina	Površina gozda [ha]	Gozdnatost [%]	Kmetijske površine [ha]	Delež kmet. površin [%]
Cerknica	16.959	70	5.161	21
Postojna	19.338	72	7.246	27
Pivka	16.891	76	5.224	23
Divača	10.750	73	3.893	26
Ostalo	55.321	77	15.549	22
Skupaj	119.258	75	5.161	21

Način izračuna (za kode v obrazcih gl. Preglednica 12):

- Opozorilo: kmetijske površine so enake Pnegozda – (Pvoda + Pnaseilj), zato vsota gozda in kmetijskih površin ne znaša 100 % (gl. Slika 19).
- Površina gozda = (3) + (4) + (7) + (8)
- Gozdnatost = [(3) + (4) + (7) + (8)] / [(0) + (1) + …. + (8) + (9)]
- Kmetijske površine = (1) + (2) + (5) + (6)
- Delež kmetijskih površin = [(1) + (2) + (5) + (6)] / [(0) + (1) + …. + (8) + (9)]

Preglednica 24: Pregled gozdnatosti in kmetijskih površin po naravno-geografskih regijah za leto 1995

Ime regije	Površina gozda [ha]	Gozdnatost [%]	Kmetijske površine [ha]	Delež kmet. površin [%]
Vipavska dolina	4.624	50	4.493	48
Kras	5.166	61	3.232	38
Brkini in dolina Reke	11.986	74	3.999	25
Podgorski Kras, Čičarija in Podgrajsko podolje	1.529	70	601	28
Trnovski gozd, Nanos in Hrušica	18.694	91	1.798	9
Javorniki in Snežnik	28.903	95	1.647	5
Notranjsko podolje	11.448	58	6.257	32
Pivško podolje in Vremščica	18.363	61	10.999	37
Krimsko hribovje in Menišija	9.085	88	1.195	12
Bloke	8.702	75	2.744	24
Velika gora, Stojna in Goteniška gora	756	87	110	13
Skupaj	119.258	75	4.493	48

Način izračuna (za kode v obrazcih gl. Preglednica 12):

- Opozorilo: kmetijske površine so enake Pnegozda – (Pvoda + Pnaseilj), zato vsota gozda in kmetijskih površin ne znaša 100 % (gl. Slika 19).
- Površina gozda = (3) + (4) + (7) + (8)
- Gozdnatost = [(3) + (4) + (7) + (8)] / [(0) + (1) + …. + (8) + (9)]
- Kmetijske površine = (1) + (2) + (5) + (6)
- Delež kmetijskih površin = [(1) + (2) + (5) + (6)] / [(0) + (1) + …. + (8) + (9)]

Lokacijsko določena ocena tematske točnosti (*site specific accuracy assessment*) z matriko napak na podlagi neodvisnega kontrolnega vzorca je pokazala, da delež vseh pravilno klasificiranih pikslov na satelitski sliki znaša 82 odstotkov, medtem ko statistika Kappa daje rezultat 67 odstotkov (Preglednica 25). Preglednica 25 navaja tudi producentovo točnost (*producer's accuracy*) za posamezne informacijske razrede, ki kaže verjetnost, da je posamezni piksel iz kontrolnega vzorca pravilno klasificiran. V isti preglednici je podana tudi uporabnikova točnost (*user's accuracy*), ki nakazuje zanesljivost klasifikacije po posameznih informacijskih razredih oziroma verjetnost, da informacijski razred piksla na karti dejansko ustreza stanju v naravi. Če pa našo nomenklaturo agregiramo iz štirih razredov na dva, tako da združimo razrede negozd, opuščeni travniki in grmišča, se delež pravilno klasificiranih pikslov poveča na 91 odstotkov, statistika Kappa pa na 81 odstotkov (Preglednica 26). Podobno velja za producentovo in uporabnikovo točnost.

Preglednica 25: Matrika napak za členitev prostora na 4 razrede pokrovnosti

		Kontrolni vzorec					
	[piksli]	Negozd	Opuščeni travnik	Grmišče	Gozd	Skupaj	Uporabnikova točnost
Rezultat klasifikacije	Negozd	9.169	1.394	334	495	11.392	80%
	Opuščeni travnik	1.241	1.843	303	536	3.923	47%
	Grmišče	497	963	862	987	3.309	26%
	Gozd	691	707	986	29.072	31.456	92%
	Skupaj	11.598	4.907	2.485	31.090	50.080	
	Producentova točnost	79%	38%	35%	94%		82%
Kappa indeks: 67 % (vsi razredi) 73 % (Negozd) 32 % (Opuščeni travnik) 30 % (Grmišče) 82 % (Gozd)							

Preglednica 26: Matrika napak za členitev prostora na 2 razreda pokrovnosti

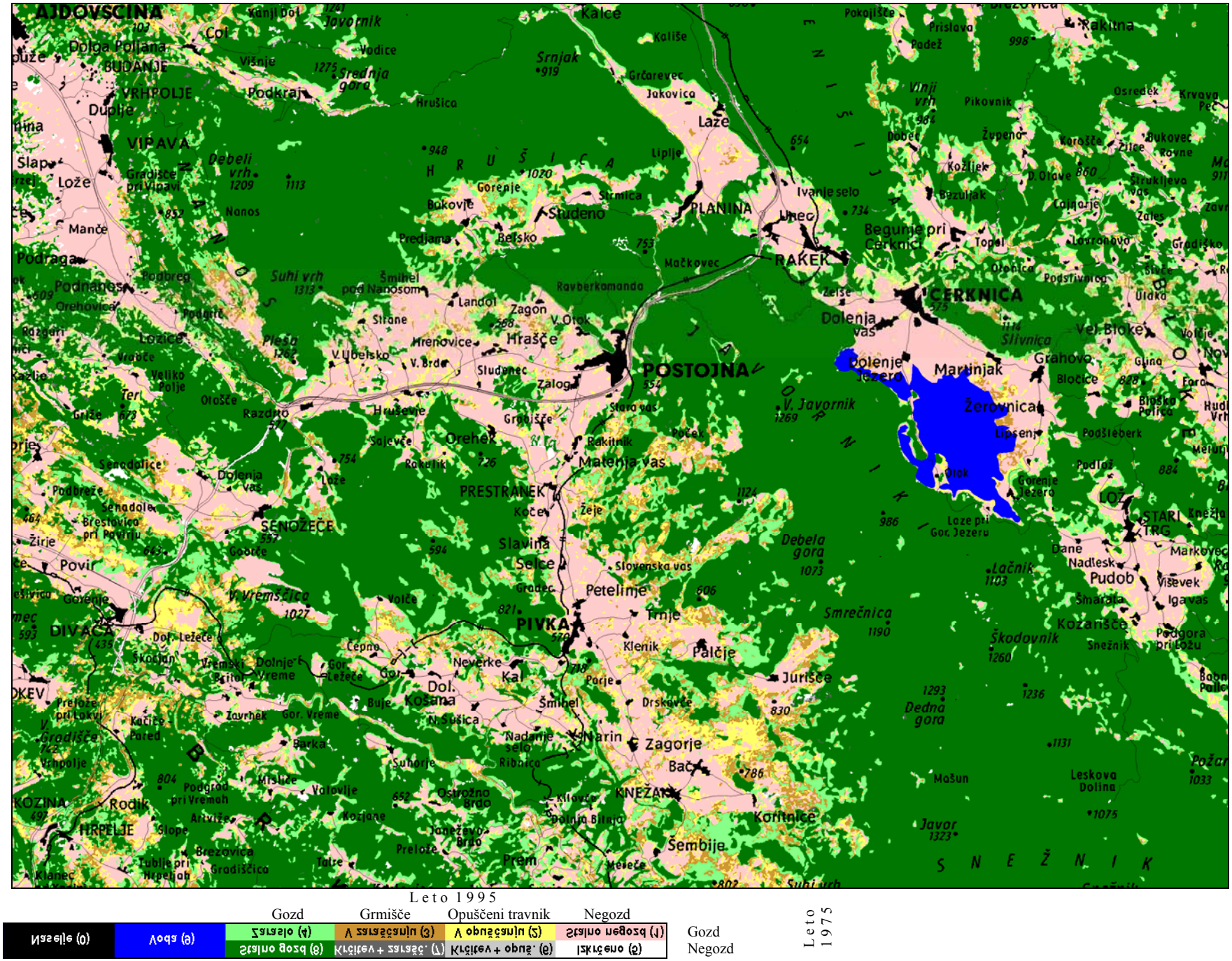
		Kontrolni vzorec			
	[piksli]	Negozd + + Opuščeni travnik + + Grmišče	Gozd	Skupaj	Uporabnikova točnost
Rezultat klasifikacije	Negozd + + Opuščeni travnik + + Grmišče	16.606	2.018	18.624	89 %
	Gozd	2.384	29.072	31.456	92 %
	Skupaj	18.990	31.090	50.080	
	Producentova točnost	87 %	94 %		91%
Kappa indeks: 81 % (vsi razredi) 80 % (Negozd + Opuščeni travnik + Grmišče) 83 % (Gozd)					

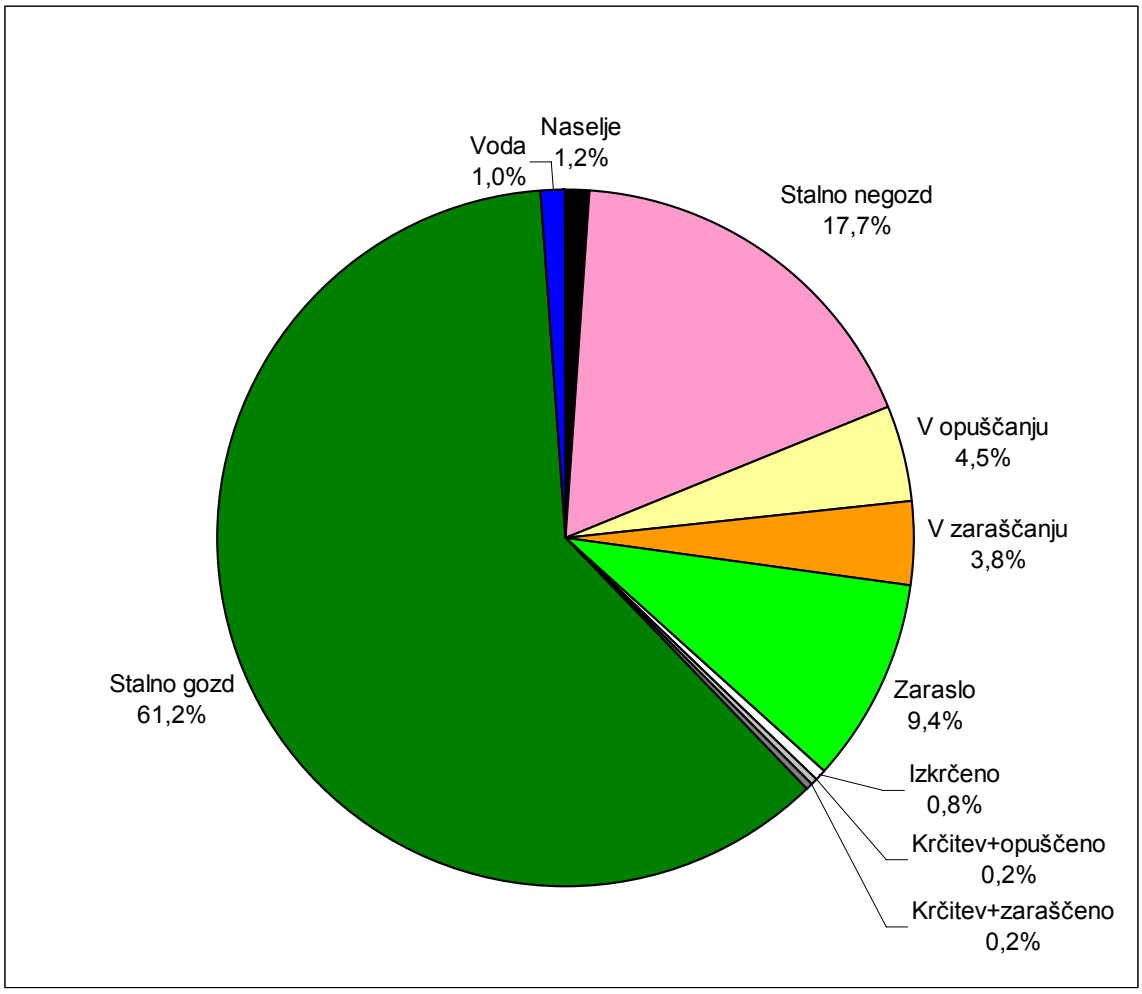
Ocena točnosti poteka linije gozdnega roba kaže, da medkvartilni epsilon pas sega 14 m na vsako stran pravega gozdnega roba. To pomeni, da je 50 odstotkov dolžine gozdnega roba na klasificirani karti gozda za leto 1995 do 14 m daleč od prave lege. Epsilon pas celotnega obsega pa znaša 448 m, kar nakazuje največjo razliko med pravo lego gozdnega roba in lego na karti. Povprečno dostopanje od prave lege znaša 26,6 m.

11.1.3 Inventura zaraščanja v obdobju 1975 - 1995

V celotnem raziskovalnem območju se je v obdobju od 1975 do 1995 zaraslo 21.080 ha oziroma 37 odstotkov kmetijskih površin, kar pomeni, da je bila povprečna letna stopnja zaraščanja 1,9 odstotka kmetijskih površin oziroma 1054 ha (Slika 19, Graf 1). Zabeležena stopnja zaraščanja je torej še višja od stopnje zaraščanja v istem obdobju v celotni Sloveniji, ki je znašala 27 odstotkov (Hočevar, Kobler in Cunder 2001). Tako hitro zaraščanje narekuje monitoring širjenja gozda, kar potrjuje našo prvo hipotezo.

Če je bila gozdnatost v raziskovalnem območju na začetku obdobja 62-odstotna, je bila na koncu 75-odstotna. Zaraščanje je bilo rahlo diferencirano po občinah (Preglednica 27, Graf 2). Pri skoraj enaki izhodiščni gozdnatosti (med 58 in 61 odstotki), sta se najbolj zarasli občini Pivka in Divača, manj pa Cerknica in Postojna.

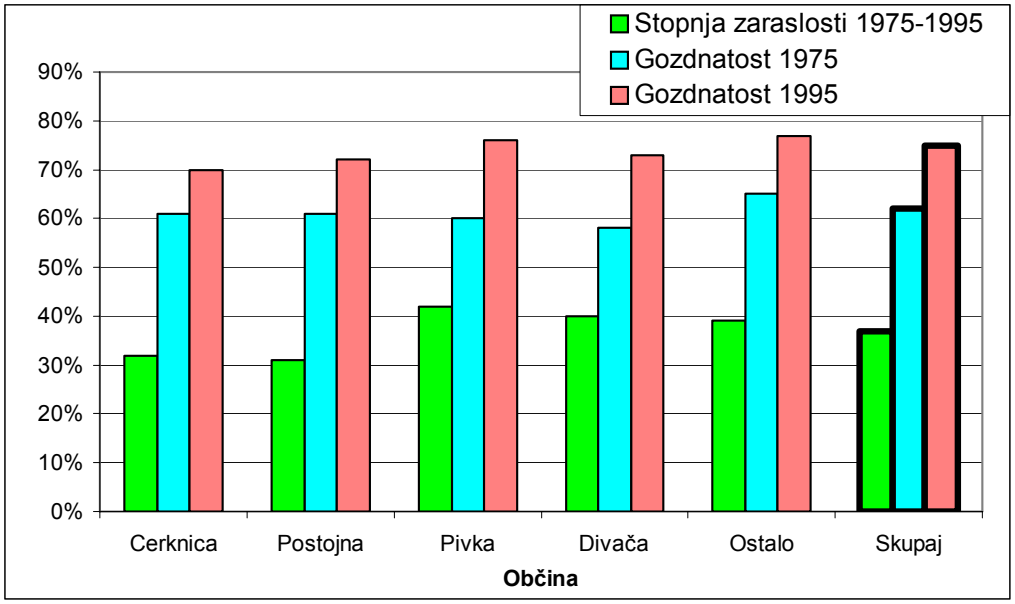

AJDOVŠČINA
BUDANJE
VRHPOLJE
VIPAVA
Lože
Manče
Podraga
Podnanos
Lozice
Senožeče
Povir
DIVAČA
KOZINA
HRPELJE
Rodik
Hrušica
Studeno
Bukovje
Predjama
Šmihel pod Nanosom
Landol
Zagon
Hrašče
Strane
Mrenovice
Sludnec
Zalog
POSTOJNA
Razdrto
Hruševje
Grčišče
Orehek
Matenja vas
PRESTRANEK
Koče
Žeje
Slavina
Selce
Petelinje
PIVKA
Nevrke
Kal
Dol. Košana
Šmihel
Narin
Zagorje
Bač
KNEŽAK
Šembije
Koritnice
Prem
Juršče
Palčje
Klenik
Trnje
Drskovče
Slovenska vas
Laze
Liplje
Jakovica
Kalce
Kališe
Grčarevec
Ivanje selo
Unec
PLANINA
RAKEK
Begunje pri Cerknici
CERKNICA
Dolenja vas
Dolenje jezero
Martinjak
Žerovnica
Grahovo
Vel. Bloke
Stari trg
Pudob
Kozarišče
Snežnik
Leskova Dolina
Javor
Mašun
Dedna gora
Smrečnica
Škodovnik
Debela gora
Lačnik
Nadlesk
Dane
Markovec
Iga vas
Podgora pri Ložu
Rakitna
Pokojišče
Prislava
Padež
Vinji vrh
Pikovnik
Osredek
Krvava peč
Bukovec
Kovne
Župeno
Koželjek
Bezuljak
Tojnarje
Zalog
Topol
Otonica
Podstivnica
Ulaka
Grdiško
Slivnica
Lipsenj
Podšteberk
Podlog
Olek
Gorenje jezero
Laze pri Gor. Jezeru
Gorenje
Dolenje
Vreme
Gor. Ležeče
Dol. Ležeče
Škocjan
Vremski Britof
Čepno
Volče
Buje
Nadanje selo
Ribnica
Kilovče
Polnja Bilnja
Ostrožno brdo
Janežovo brdo
Prelože
Tatre
Mišače
Podgrad pri Vremah
Arnivže
Slope
Brezovica
Gradišnica
Tublje pri Hrpeljah
Klanec
Prelože pri Lokvi
Kačice
Pared
Vrhpolje
Gradišče
Barka
Zavrhek
Gor. Vreme
Suhorje
Valovlje
Kozjane
Meleče
Suhi vrh
Debeli vrh
Nanos
Plešo
Razdrto
Senadolice
Brestovica pri Povirju
Žirje
Gorenje
Gradec
Vremščica
Javornik
Srednja gora
Vodice
Podkraj
Col
Kanji bot
Dolga Poljana
Duplje
Slap
Srnjak
Suhi vrh
Ravbarkomanda
Mačkovec
Belsko
Sirmica
Gorenje
Šmihel
Orehovica
Podgrad
Podnanos
Razdrto
Hruševje
Sajevče
Rakitnik
Poček
Stara vas
Žerovnica
Martinjak
Dolenje jezero
Grahovo
Bloke
Cerknica
Begunje pri Cerknici
Rakek
Unec
Ivanje selo
Liplje
Laze
Kalce
Kališe
Grčarevec
Jakovica
Srnjak
Hrušica
Vodice
Javornik
Col
Kanji bot
Dolga Poljana
Duplje
Slap



Graf 1: Spremembe rabe tal / pokrovnosti v obdobju 1975 – 1995.

Zaraščanje smo na mezoregionalni ravni razčlenili po pokrajinah naravne geografske regionalizacije Slovenije (Gabrovec in sod. 1998). Raziskovalno območje zajema dele enajstih regij, od tega le eno v celoti. Čeprav smo statistike izračunali za vse površine, pa se v nadaljevanju osredotočamo le na rezultate v 7 regijah, ki so v območju zajete vsaj tretjinsko (rezultati se seveda nanašajo le na dele regij znotraj raziskovalnega območja). V večini teh regij je zaraščanje zelo intenzivno (Preglednica 28, Graf 3). Najmočnejše, kar dvotretjinsko zaraščanje je v regiji Javorniki in Snežnik. Približno polovično zaraščanje smo ugotovili na Nanosu in Hrušici, na Menišiji, na Blokah in v Brkinih. Tretjinsko so se zarasle kmetijske površine v Pivškem podolju in na Vremščici, le šestinsko pa se je zaraslo Notranjsko podolje. Izkaže se, da je za 7 (delnih) regij intenzivnost zaraščanja sorazmerna z izhodiščno

gozdnatostjo leta 1975 oziroma obratno sorazmerna takratnemu deležu kmetijskih površin (Graf 4). Z majhnim izhodiščnim deležem kmetijskih površin lahko povežemo tudi zelo intenzivno zaraščanje na Javornikih in Snežniku. Relativno šibko zaraščanje v Notranjskem podolju edino odstopa od tega pravila.

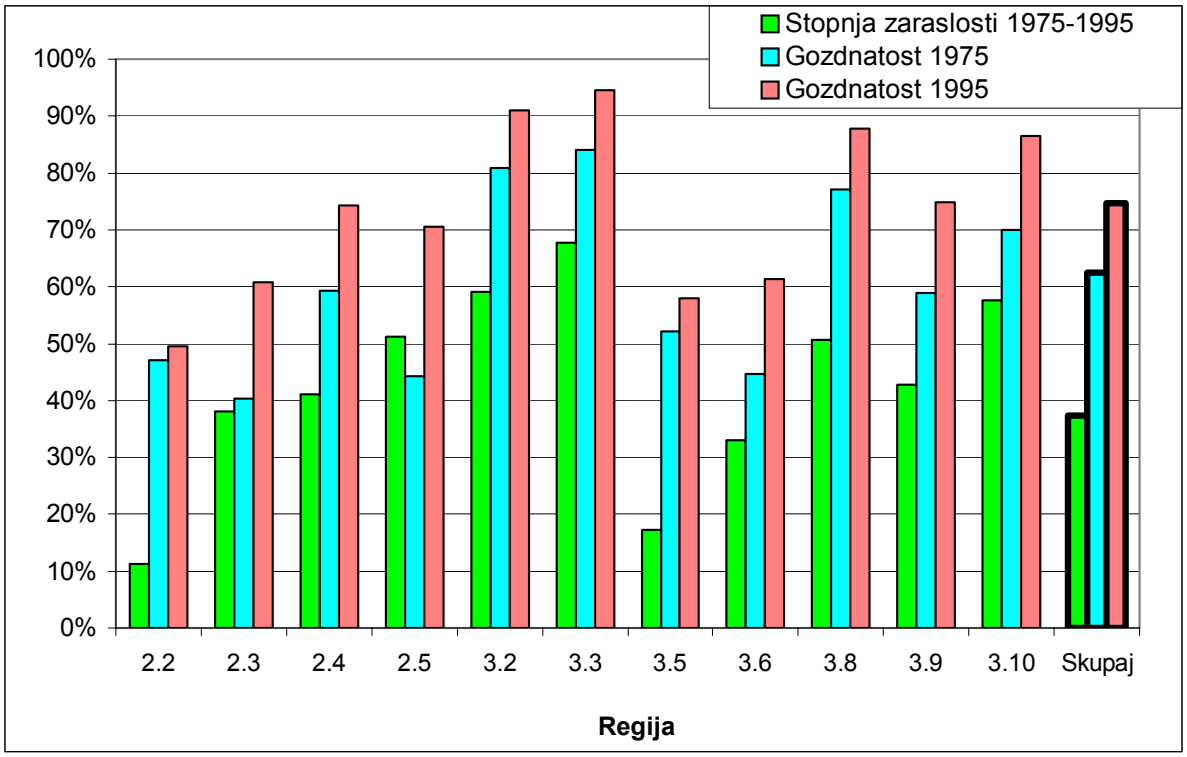


Graf 2: Porazdelitev stopnje zaraslosti v letih 1975 – 1995 po upravnih občinah (gl. tudi Preglednica 27)

Preglednica 27: Pregled zaraščanja in gozdnatosti po občinah za obdobje 1975 – 1995

Razred [ha]		Občina Cerknica	Občina Postojna	Občina Pivka	Občina Divača	Ostalo	Skupaj	Skupaj %
0	Naselje	436	404	210	135	710	1.894	1%
1	Stalno negozd	4.209	5.744	4.013	2.717	11.638	28.321	18%
2	V opuščanju	800	1.282	1.067	903	3.113	7.166	4%
3	V zaraščanju	416	866	1.288	795	2.705	6.070	4%
4	Zaraslo	1.921	2.282	2.408	1.597	6.803	15.010	9%
5	Izkrčeno	104	186	109	221	587	1.206	1%
6	Krčitev+opuščeno	48	34	35	52	211	379	0%
7	Krčitev+zaraščeno	23	30	37	54	196	340	0%
8	Stalno gozd	14.599	16.160	13.158	8.304	45.617	97.838	61%
9	Voda	1.575	0	0	0	0	1.575	1%
	Skupaj	24.130	26.987	22.324	14.777	71.581	159.800	100%
	Skupaj %	15%	17%	14%	9%	45%	100%	
(3+4)/(1+2+3+4)	Stopnja zaraslosti	32%	31%	42%	40%	39%	37%	
(5+6+7+8)/vse	Gozdnatost 75	61%	61%	60%	58%	65%	62%	
(3+4+7+8)/vse	Gozdnatost 95	70%	72%	76%	73%	77%	75%	

Seveda zaraščanje znotraj posamezne regije ni enakomerno. Slika 19 odkrije, da je zaraščanja blizu naselij manj, kar si lahko razložimo z večjo intenzivnostjo rabe prostora. Povezavo med oddaljenostjo od najbližjega naselja in stopnjo zaraščanja potrjuje statistika zaraščanja po razredih oddaljenosti od naselij (Graf 5). Če se je v bližini naselij (tj. na razdalji do 500 m) zaraslo le 16 odstotkov kmetijskih površin, delež na večjih razdaljah strmo narašča do 70 odstotkov.



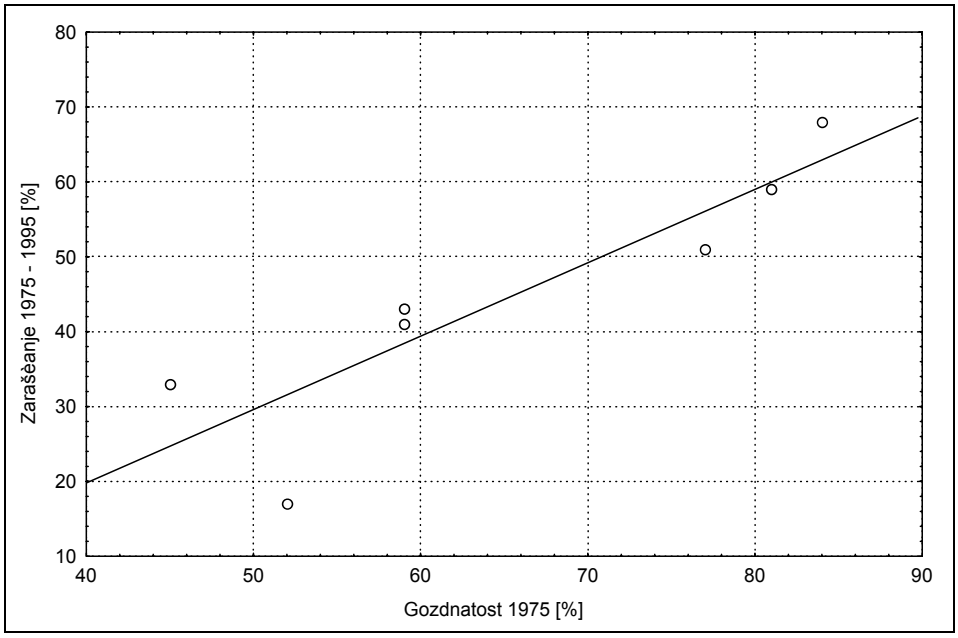
Koda regije	Ime regije
2.2	Vipavska dolina
2.3	Kras
2.4	Brkini in dolina Reke
2.5	Podgorski Kras, Čičarija in Podgrajsko podolje
3.2	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica
3.3	Javorniki in Snežnik
3.5	Notranjsko podolje
3.6	Pivško podolje in Vremščica
3.8	Krimsko hribovje in Menišija
3.9	Bloke
3.10	Velika gora, Stojna in Goteniška gora

Graf 3: Porazdelitev stopnje zaraslosti v letih 1975 – 1995 po regijah naravno-geografske členitve Slovenije (Gabrovec in sod. 1998); gl. tudi Preglednica 28

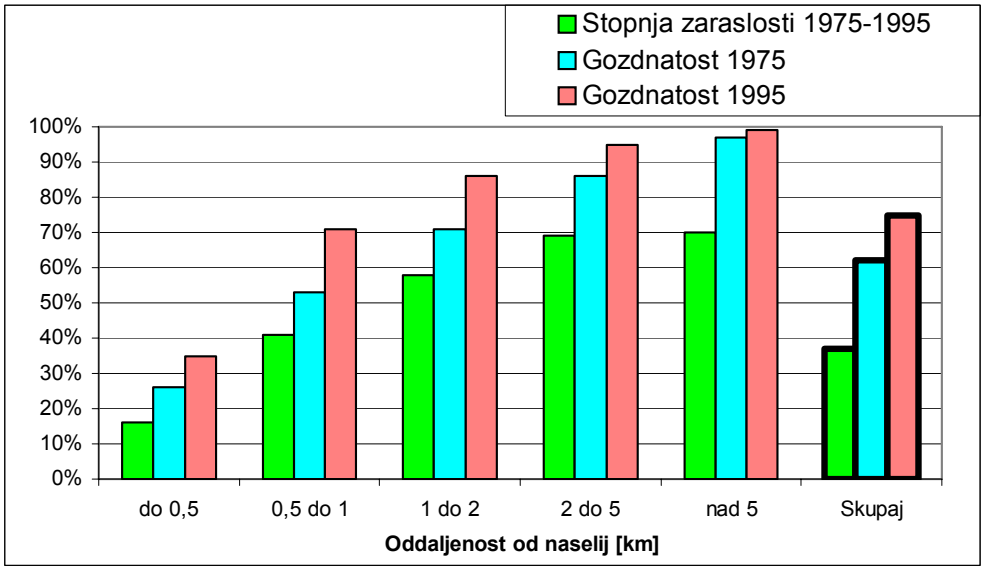
Preglednica 28: Pregled zaraščanja in gozdnatosti po naravno-geografskih regijah za obdobje 1975 – 1995

Kategorija [ha]		Regija											Skupaj	Skupaj %
		2.2	2.3	2.4	2.5	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	3.10		
0	Naselje	210	110	158	39	37	5	485	587	77	179	8	1.894	1%
1	Stalno negozd	3.632	2.171	3.053	374	1.198	945	5.260	8.559	916	2.136	77	28.321	18%
2	V opuščanju	562	909	734	197	393	618	873	2.136	219	495	31	7.166	4%
3	V zaraščanju	1	903	576	242	689	1.118	142	1.784	201	404	8	6.070	4%
4	Zaraslo	532	989	2.058	358	1.604	2.169	1.133	3.511	961	1.557	138	15.010	9%
5	Izkrčeno	240	108	167	21	154	57	90	249	35	85	1	1.206	1%
6	Krčitev+opuščeno	59	44	45	9	53	27	34	55	25	28	1	379	0%
7	Krčitev+zaraščeno	33	48	35	9	86	43	4	48	17	14	2	340	0%
8	Stalno gozd	4.058	3.226	9.317	920	16.315	25.573	10.169	13.020	7.906	6.727	608	97.838	61%
9	Voda	0	0	0	0	0	0	1.575	0	0	0	0	1.575	1%
	Skupaj	9.328	8.509	16.143	2.169	20.527	30.555	19.765	29.950	10.357	11.624	874	159.800	100%
	Skupaj %	6%	5%	10%	1%	13%	19%	12%	19%	6%	7%	1%	100%	
(3+4)/(1+2+3+4)	Stopnja zaraslosti	11%	38%	41%	51%	59%	68%	17%	33%	51%	43%	58%	37%	
(5+6+7+8)/vse	Gozdnatost 75	47%	40%	59%	44%	81%	84%	52%	45%	77%	59%	70%	62%	
(3+4+7+8)/vse	Gozdnatost 95	50%	61%	74%	70%	91%	95%	58%	61%	88%	75%	87%	75%	
10	P celotne regije	33.000	38.614	33.986	24.080	49.408	45.558	28.280	29.961	30.017	14.129	53.074		
11	P v JZSLO2	9.328	8.509	16.143	2.169	20.527	30.555	19.765	29.950	10.357	11.624	874		
(11)/(10)*100	Delež v JZSLO2	28%	22%	47%	9%	42%	67%	70%	100%	35%	82%	2%		

Koda regije	Ime regije
2.2	Vipavska dolina
2.3	Kras
2.4	Brkini in dolina Reke
2.5	Podgorski Kras, Čičarija in Podgrajsko podolje
3.2	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica
3.3	Javorniki in Snežnik
3.5	Notranjsko podolje
3.6	Pivško podolje in Vremščica
3.8	Krimsko hribovje in Menišija
3.9	Bloke
3.10	Velika gora, Stojna in Goteniška gora



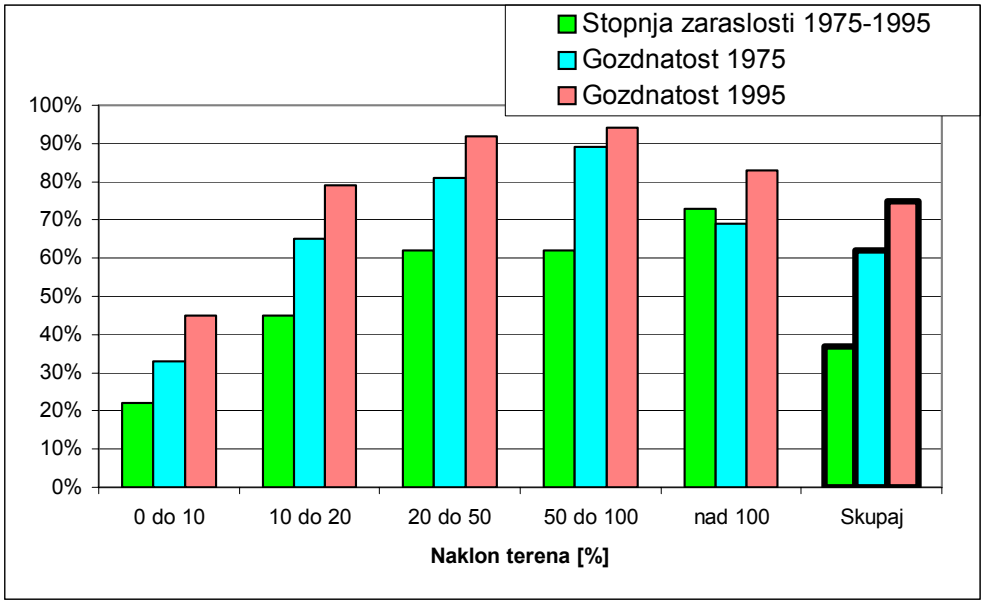
Graf 4: Povezava med izhodiščno gozdnatostjo in zaraščanjem po regijah.



Graf 5: Porazdelitev stopnje zaraslosti v letih 1975 – 1995 po razredih oddaljenosti od naselij.

Statistika zaraščanja glede na naklon terena kaže pričakovano sliko pozitivne povezave med naklonom in zaraščanjem (Graf 6). Najbolj so se v preteklih 20 letih zarasle kmetijske površine na strmem reliefu (nad 20 odstotki naklona), kjer beležimo kar od 62- do 73-odstotno zaraščanje, na položnejših terenih pa le 22- do 45-odstotno. Vendar pa se je tudi na

najpoložnejših terenih gozdnatost v preučevanem obdobju dvignila s 33 na 45 odstotkov. Pogled na karto zaraščanja (Slika 19) nam pove, da se nezarasle površine nahajajo predvsem ob glavnih prometnicah (avtocesta skozi Postojnsko kotlino ter magistralna cesta Postojna–Pivka) ter na večjih ravninah, kjer je kmetijska obdelava intenzivnejša (Vipavska dolina) ali pa gozd za rast niti nima naravnih pogojev (mokrišča na Planinskem polju in ob Cerkniškem jezeru).



Graf 6: Porazdelitev stopnje zaraslosti v letih 1975 – 1995 po razredih naklona terena.

11.1.4 Regresijski model zaraščanja in prognoza zaraščanja

Korelacijska matrika (Preglednica 29) pojasnjevalnih spremenljivk za model zaraščanja kaže, da jih večina med seboj ni močno koreliranih.

Preglednica 29: Korelacijska matrika pojasnjevalnih spremenljivk. Poudarjene so relacije, kjer je koeficient korelacije R med dvema spremenljivkama po absolutni vrednosti večji od 0,50.

	INDZAR41	NAKLPROC	G75_5	G75_41	POVPPOV81	DELCISTA81	DELMESAN81	DELNEKMECK81	DELBREZD81	INDSTAR81	NASDST	CESTEDST	GPR1981	INDP8171	INDP8161	GR75DIST	DMR
INDZAR41	1	0,35	0,30	**0,64**	0,04	-0,09	-0,12	0,11	0,09	-0,12	**0,52**	0,45	-0,19	-0,11	-0,13	-0,45	0,40
NAKLPROC	0,35	1	0,29	0,43	-0,02	-0,05	0,01	0,00	0,05	-0,09	0,18	0,14	-0,10	-0,11	-0,12	-0,39	0,32
G75_5	0,30	0,29	1	**0,55**	-0,01	0,01	0,01	-0,02	0,00	-0,02	0,12	0,06	-0,04	-0,04	-0,04	-0,39	0,06
G75_41	**0,64**	0,43	**0,55**	1	0,05	0,02	0,01	-0,04	0,04	-0,07	0,31	0,22	-0,12	-0,08	-0,10	**-0,60**	0,29
POVPPOV81	0,04	-0,02	-0,01	0,05	1	0,28	0,40	-0,40	0,05	0,15	-0,05	0,00	-0,37	0,00	-0,18	0,13	0,24
DELCISTA81	-0,09	-0,05	0,01	0,02	0,28	1	0,21	-0,50	0,02	0,18	-0,09	-0,06	-0,10	-0,01	-0,14	-0,05	-0,08
DELMESAN81	-0,12	0,01	0,01	0,01	0,40	0,21	1	**-0,89**	-0,11	0,29	0,04	-0,01	-0,13	-0,17	-0,18	0,22	-0,03
DELNEKMECK81	0,11	0,00	-0,02	-0,04	-0,40	-0,50	**-0,89**	1	0,02	-0,29	-0,06	-0,01	0,14	0,13	0,19	-0,16	0,02
DELBREZD81	0,09	0,05	0,00	0,04	0,05	0,02	-0,11	0,02	1	-0,02	0,03	0,04	-0,05	0,02	-0,06	-0,07	0,06
INDSTAR81	-0,12	-0,09	-0,02	-0,07	0,15	0,18	0,29	-0,29	-0,02	1	-0,07	-0,01	0,05	0,11	0,04	0,18	-0,04
NASDST	**0,52**	0,18	0,12	0,31	-0,05	-0,09	0,04	-0,06	0,03	-0,07	1	**0,82**	-0,18	-0,13	-0,07	-0,12	0,43
CESTEDST	0,45	0,14	0,06	0,22	0,00	-0,06	-0,01	-0,01	0,04	-0,01	**0,82**	1	-0,15	0,03	0,05	-0,06	0,39
GPR1981	-0,19	-0,10	-0,04	-0,12	-0,37	-0,10	-0,13	0,14	-0,05	0,05	-0,18	-0,15	1	0,40	**0,58**	0,09	-0,29
INDP8171	-0,11	-0,11	-0,04	-0,08	0,00	-0,01	-0,17	0,13	0,02	0,11	-0,13	0,03	0,40	1	**0,86**	0,07	-0,19
INDP8161	-0,13	-0,12	-0,04	-0,10	-0,18	-0,14	-0,18	0,19	-0,06	0,04	-0,07	0,05	**0,58**	**0,86**	1	0,09	-0,19
GR75DIST	-0,45	-0,39	-0,39	**-0,60**	0,13	-0,05	0,22	-0,16	-0,07	0,18	-0,12	-0,06	0,09	0,07	0,09	1	-0,15
DMR	0,40	0,32	0,06	0,29	0,24	-0,08	-0,03	0,02	0,06	-0,04	0,43	0,39	-0,29	-0,19	-0,19	-0,15	1

Spremenljivke, ki so v najtesnejši korelaciji z indeksom zaraščanja, so G75_41, NASDST in GR75DIST. Najmanjša korelacija je s POVPPOV81, DELCISTA81 in DELBREZD81. Izkazalo se je, da so nekatere neodvisne spremenljivke tudi med seboj močno korelirane, zato jih v modelu ni bilo mogoče upoštevati hkrati. Med seboj so najmanj korelirane in hkrati največ prispevajo k pojasnitvi stopnje zaraščanja (1) G75_41 – delež gozda v okolici s premerom 1 km, (2) NASDST – oddaljenost od najbližjega naselja ter (3) DELNEKMECK81 – delež dopolnilnih kmetij glede na število vseh kmetij po posamezni KO. Višji koeficient korelacije smo dobili, ko smo drugo in tretjo spremenljivko transformirali, da smo njuno porazdelitev približali normalni.

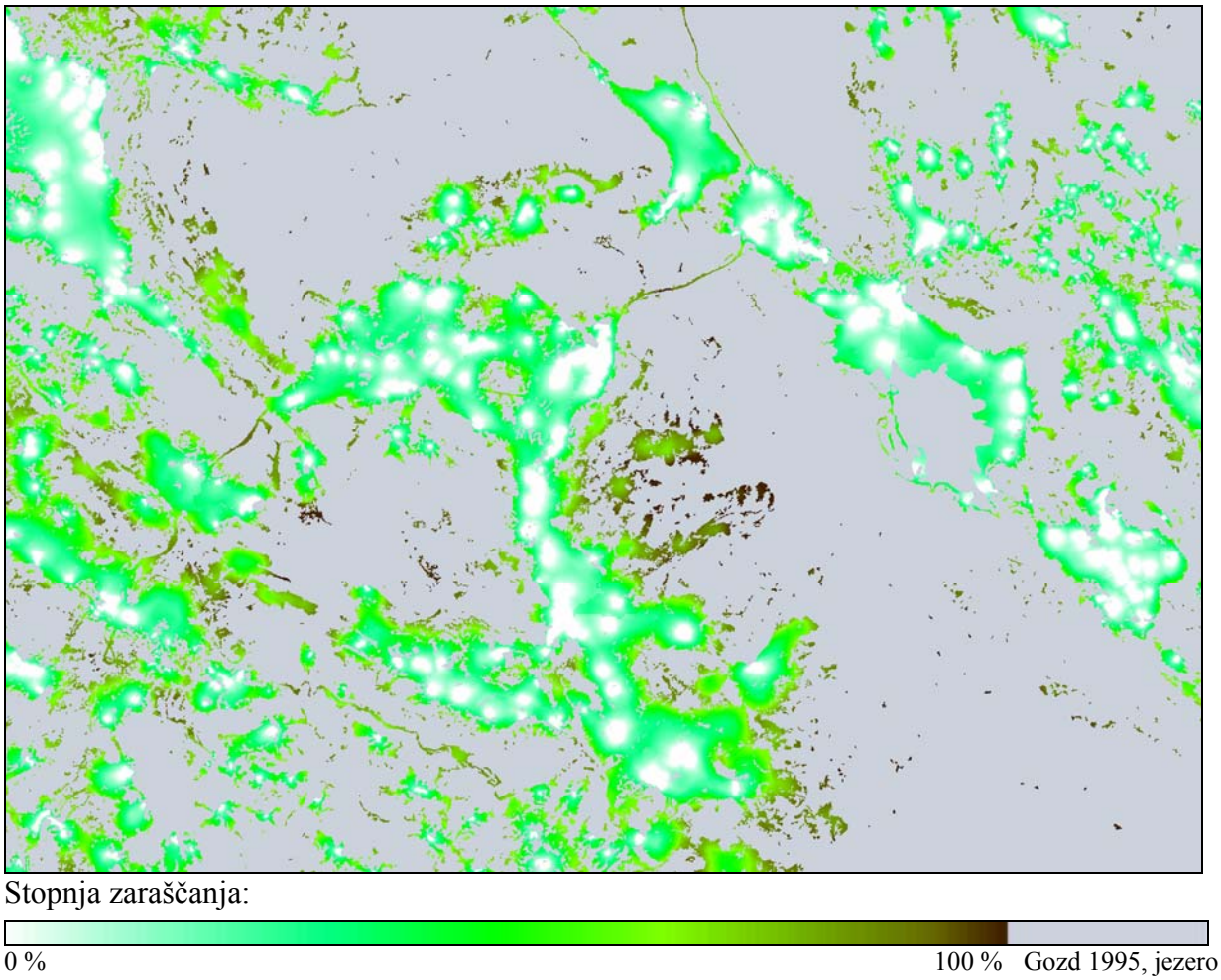
Regresijski model je videti takole:

$$INDZAR41 = - 69{,}0010 + 0{,}6203\ G75\_41 + 12{,}3643\ \ln(NASDST) + \\ + 0{,}0017\ (DELNEKMECK81)^2$$

Vsi regresijski koeficienti v enačbi so visokoznačilni ($p < 0{,}0001$). Koeficient korelacije je $R = 0{,}76$, delež pojasnjene variabilnosti pa je $R^2 = 0{,}57$. Standardizirani regresijski koeficienti, ki nam povedo relativni pomen posamezne spremenljivke v modelu, pa so:

G75_41	0,5199
ln(NASDST)	0,4026
$(DELNEKMECK81)^2$	0,1332

Ko v enačbo namesto preteklih vrednosti G75_41 in DELNEKMECK81 vstavimo današnje izhodiščne vrednosti G95_41 in DELNEKMECK91, dobimo prognostično karto zaraščanja za obdobje 1995–2015 (Slika 20). Karto G95_41 smo izpeljali na enak način kot karto G75_41 (Preglednica 13), pri čemer pa smo kot osnovo za gozdnatost upoštevali razrede 3, 4, 7 in 8 karte zaraščanja 1975 – 1995 (Slika 19). Podatke za karto DELNEKMECK91, ki prikazuje isto značilnost kot DELNEKMECK81 (Preglednica 13) , le da za leto 1991, smo tudi pridobili od Tomaža Cundra s Kmetijskega inštituta Slovenije.

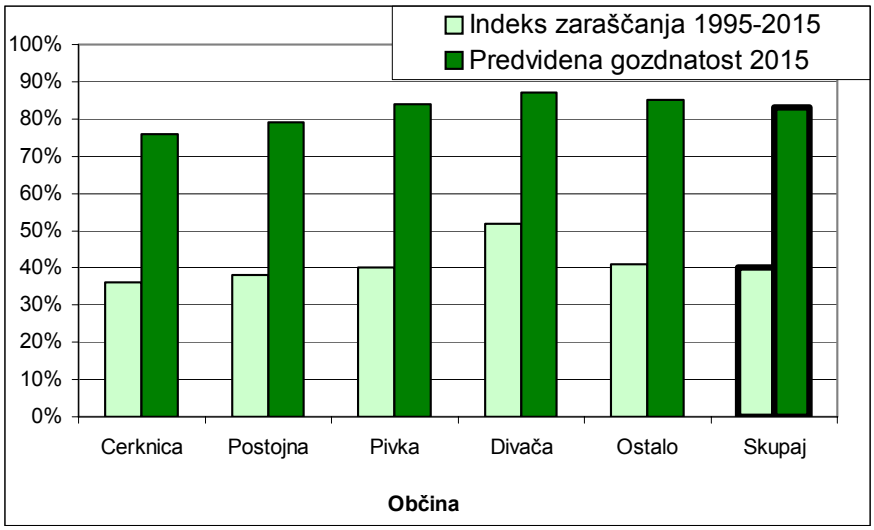


Slika 20: Predvidena stopnja zaraščanja v obdobju 1995 – 2015

Na tej karti je za današnje (1995) negozdne površine prikazana stopnja zaraščenosti leta 2015. Opozoriti je treba, da ima zaradi načina izračuna odvisne spremenljivke INDZAR41 (povprečna stopnja zaraščenosti v okolici s premerom 1 km) tudi prognostična karta zaraščanja vsebinsko gledano ločljivost enako 1 km, pa čeprav je piksel na karti velik le 25 m.

Povprečna stopnja napovedanega zaraščanja kmetijskih površin v obdobju 1995–2015 za celotno študijsko območje je 40-odstotna. Definirana je kot povprečna vrednost napovedanega INDZAR41 zunaj današnjega gozda in grmišč (razredi 3, 4, 7 in 8 na karti zaraščanja za obdobje 1975–1995). Stopnja bodočega zaraščanja na ravni celotnega raziskovalnega območja je skoraj enaka stopnji preteklega zaraščanja (37-odstotna). To je skladno s predpostavko modela zaraščanja, ki napoveduje bodoče zaraščanje na osnovi dosedanjih trendov. Gozdnatost (ki se nanaša na površine zunaj naselij in voda, kjer bo stopnja zaraščanja leta 2015 vsaj 50-odstotna) naj bi se tako dvignila s 75 odstotkov leta 1995 na 83 odstotkov leta 2015. Zanimivejša pa je raznolika porazdelitev zaraščanja. Pregled po

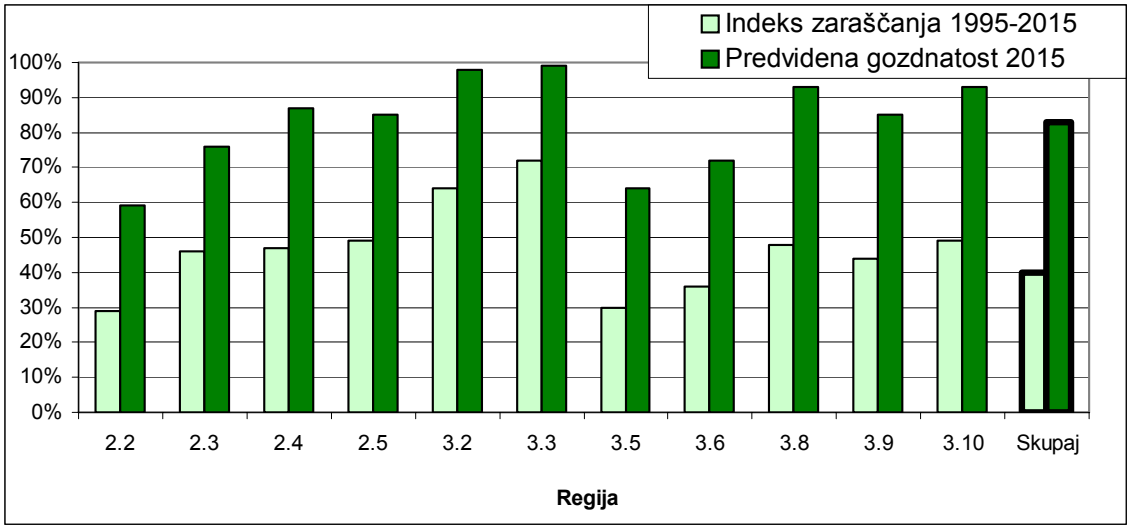
občinah pokaže (Graf 7), da bo zaraščanje najintenzivnejše v občini Divača (52-odstotno), v drugih treh občinah pa bo 36- do 41-odstotno. Občina Divača bo občutila tudi najizrazitejše relativno povečanje stopnje zaraščanja (s 40 odstotkov v letih 1975–1995 na 52 odstotkov po letu 1995), tako da bo imela leta 2015 kar 87-odstotno gozdnatost. Najmanj gozdnata občina bo Cerknica, vendar bo njena gozdnatost še vedno 76-odstotna. Pregled po regijah (Graf 8) pokaže (upoštevamo le tistih 7 regij, ki so v raziskovalnem območju zajete vsaj tretjinsko), da bo relativno zaraščanje najmočnejše – enako kot pred letom 1995 – spet na Javornikih (72-odstotno). Tam bo gozdnatost leta 2015 popolna (99-odstotna). Podobne razmere bodo tudi na Nanosu in Hrušici, najmanj pa bo z zaraščanjem prizadeto Notranjsko podolje. Razen tu in v Pivškem podolju bo gozdnatost povsod presegla 80 odstotkov.



Graf 7: Porazdelitev napovedanega zaraščanja v letih 1995 – 2015 po občinah (gl. tudi Preglednica 30)

Preglednica 30: Pregled zaraščanja in gozdnatosti po občinah za obdobje 1995 – 2015

Občina	Cerknica	Postojna	Pivka	Divača	Ostalo	Skupaj
Indeks zaraščanja	36 %	38 %	40 %	52 %	41 %	40 %
Gozdnatost 2015	76 %	79 %	84 %	87 %	85 %	83 %



Koda regije	Ime regije
2.2	Vipavska dolina
2.3	Kras
2.4	Brkini in dolina Reke
2.5	Podgorski Kras, Čičarija in Podgrajsko podolje
3.2	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica
3.3	Javorniki in Snežnik
3.5	Notranjsko podolje
3.6	Pivško podolje in Vremščica
3.8	Krimsko hribovje in Menišija
3.9	Bloke
3.10	Velika gora, Stojna in Goteniška gora

Graf 8: Porazdelitev napovedanega zaraščanja v letih 1995 – 2015 po regijah naravno-geografske členitve Slovenije (Gabrovec in sod. 1998) – gl. tudi Preglednica 31

Preglednica 31: Pregled zaraščanja in gozdnatosti po regijah za obdobje 1995 – 2015

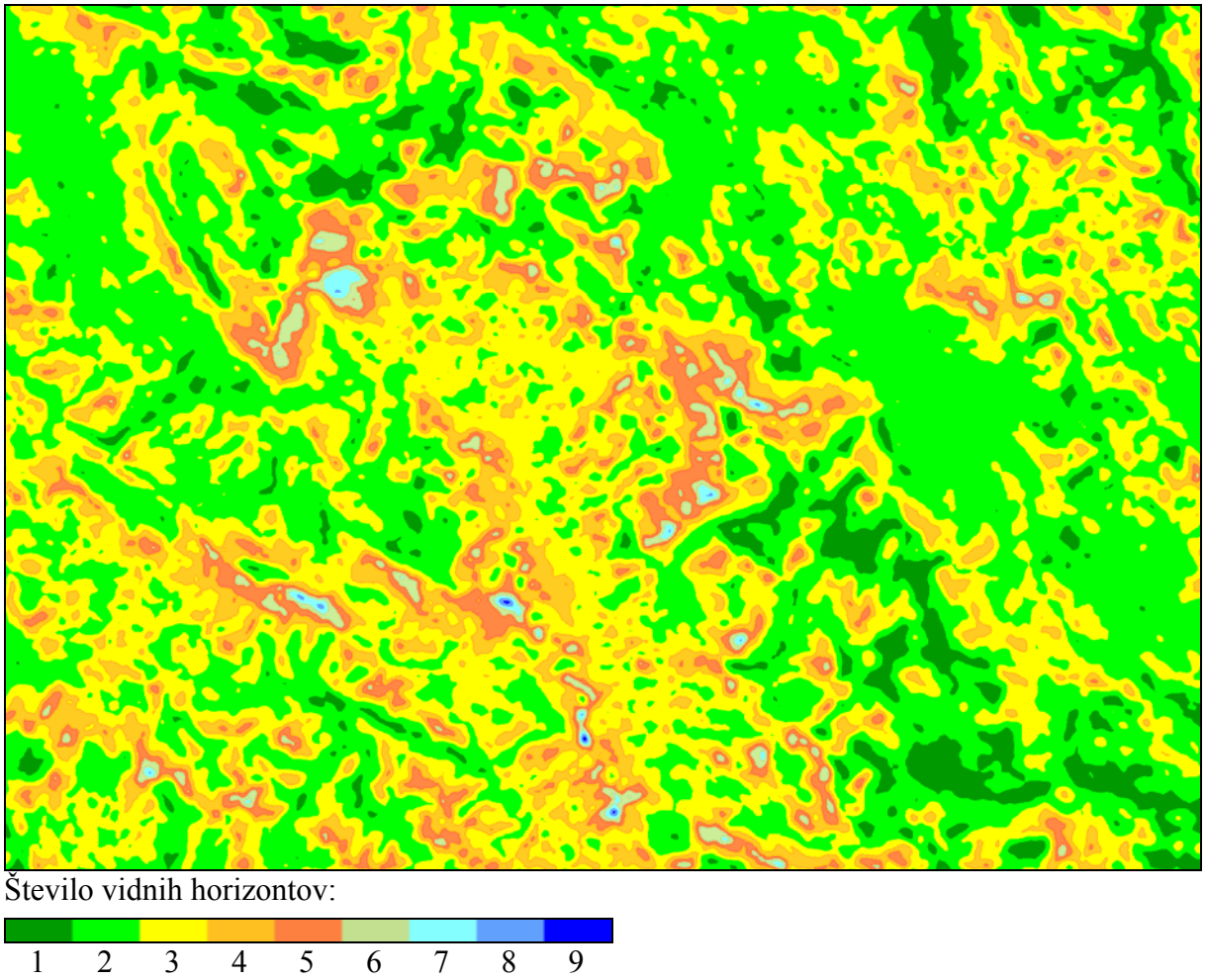
Regija	2.2	2.3	2.4	2.5	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	3.10	Skupaj
Indeks zaraščanja	29 %	46 %	47 %	49 %	64 %	72 %	30 %	36 %	48 %	44 %	49 %	40 %
Gozdnatost 2015	59 %	76 %	87 %	85 %	98 %	99 %	64 %	72 %	93 %	85 %	93 %	83 %

Koda regije	Ime regije
2.2	Vipavska dolina
2.3	Kras
2.4	Brkini in dolina Reke
2.5	Podgorski Kras, Čičarija in Podgrajsko podolje
3.2	Trnovski gozd, Nanos in Hrušica
3.3	Javorniki in Snežnik
3.5	Notranjsko podolje
3.6	Pivško podolje in Vremščica
3.8	Krimsko hribovje in Menišija
3.9	Bloke
3.10	Velika gora, Stojna in Goteniška gora

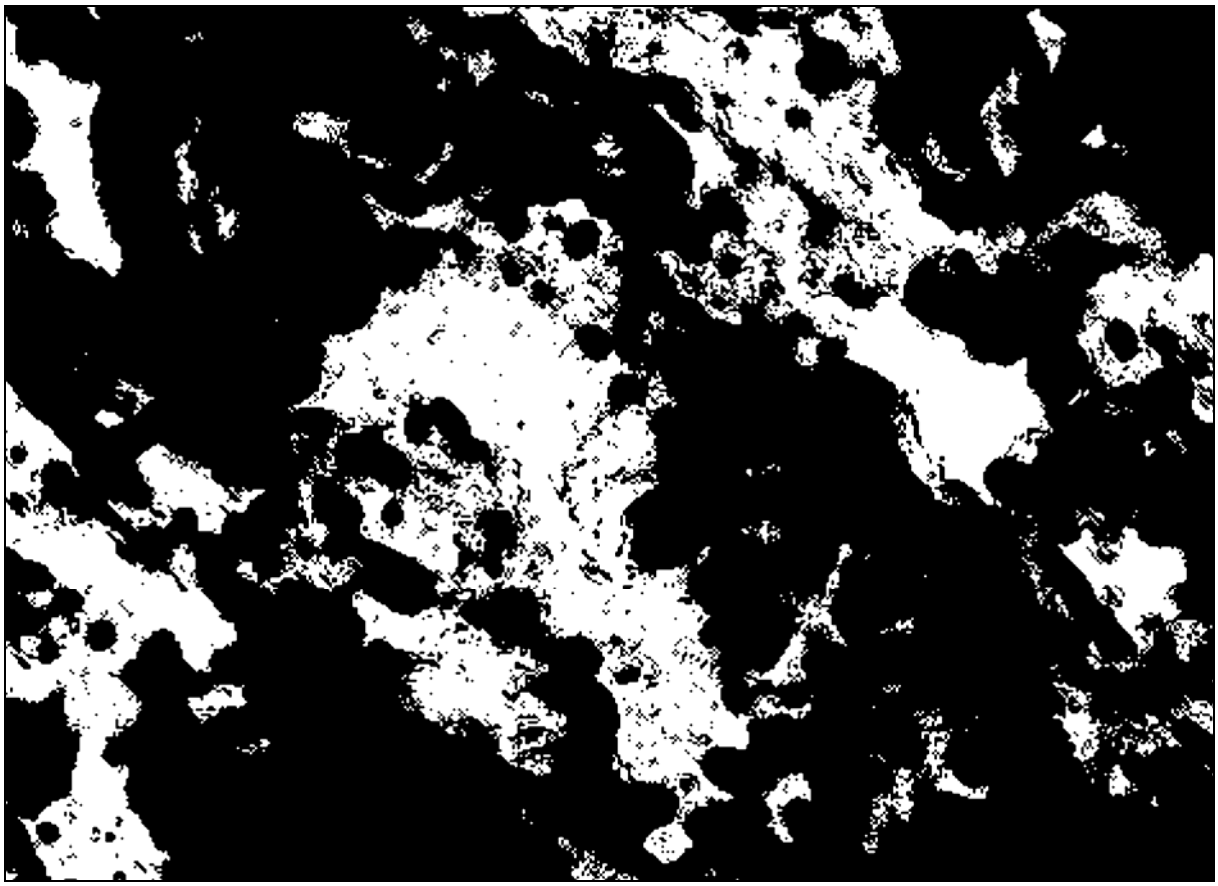
11.2 GIS model vizualno – estetskega vidika krajine

11.2.1 Vplivi na vizualno kvaliteto krajine

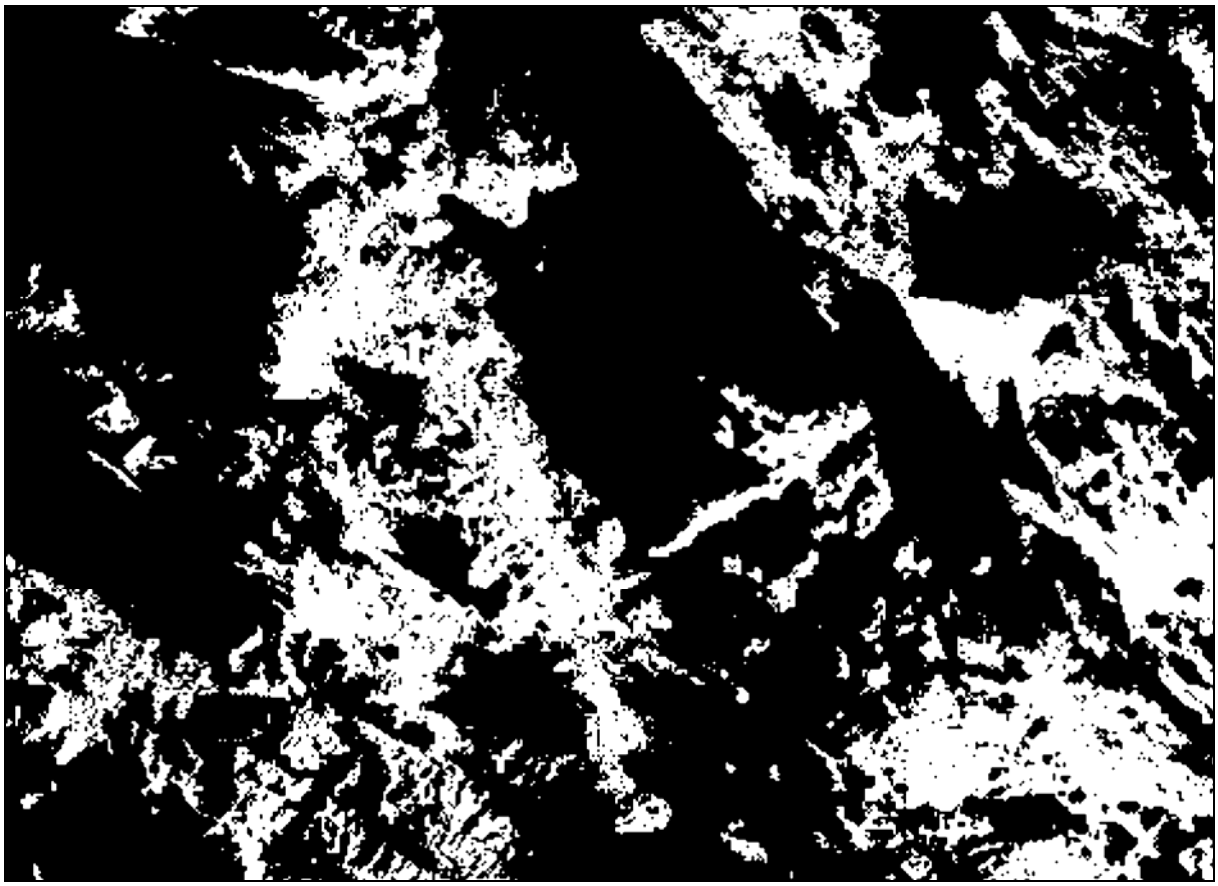
Zabeležili smo naslednje vplive na vizualno – estetske kvaliteto kulturne krajine (Slika 21 do Slika 34):



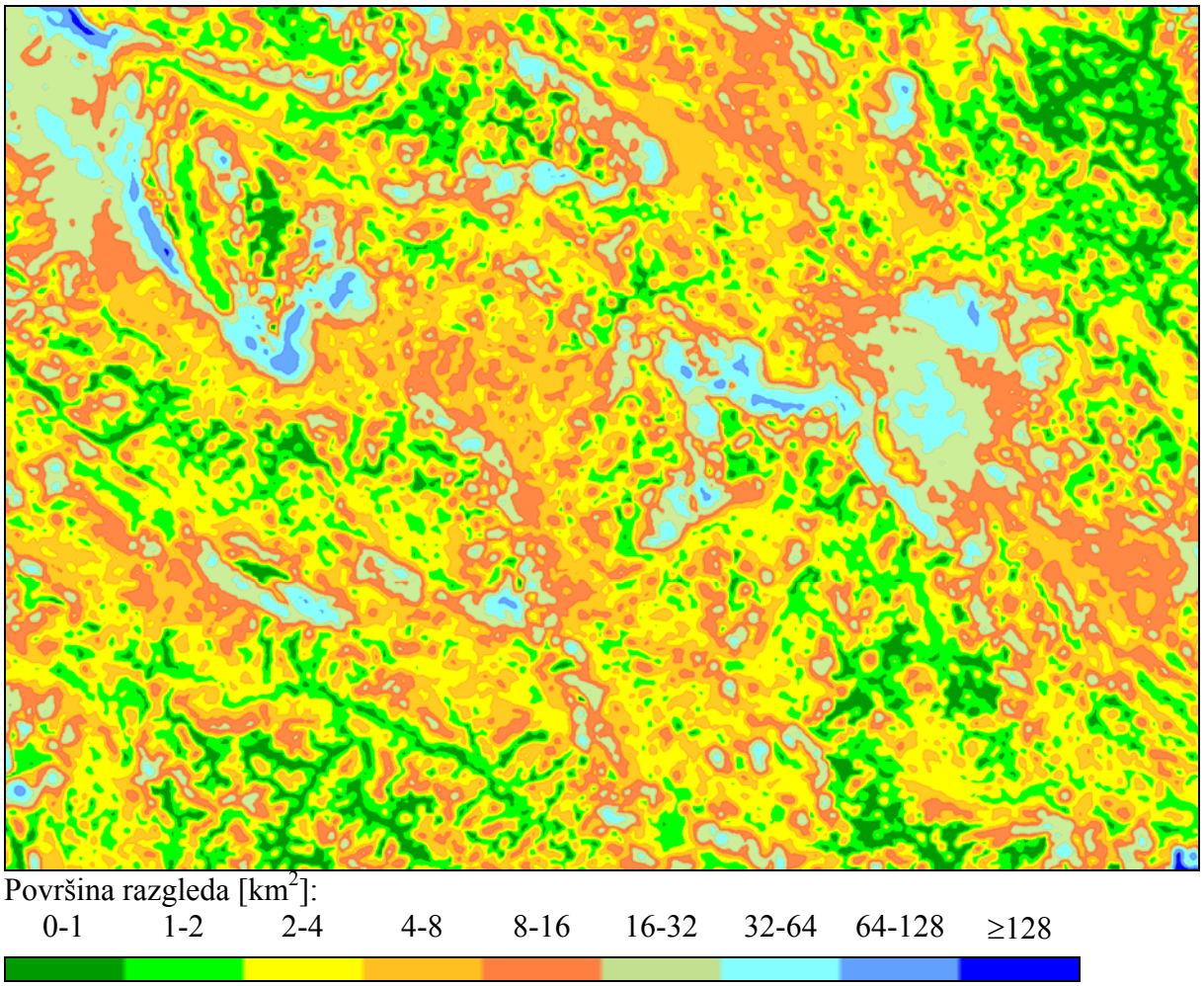
Slika 21: Karta VIDHOR prikazuje del faktorja Relief in sicer povprečno število vidnih horizontov v 8 glavnih smereh za leto 1995.



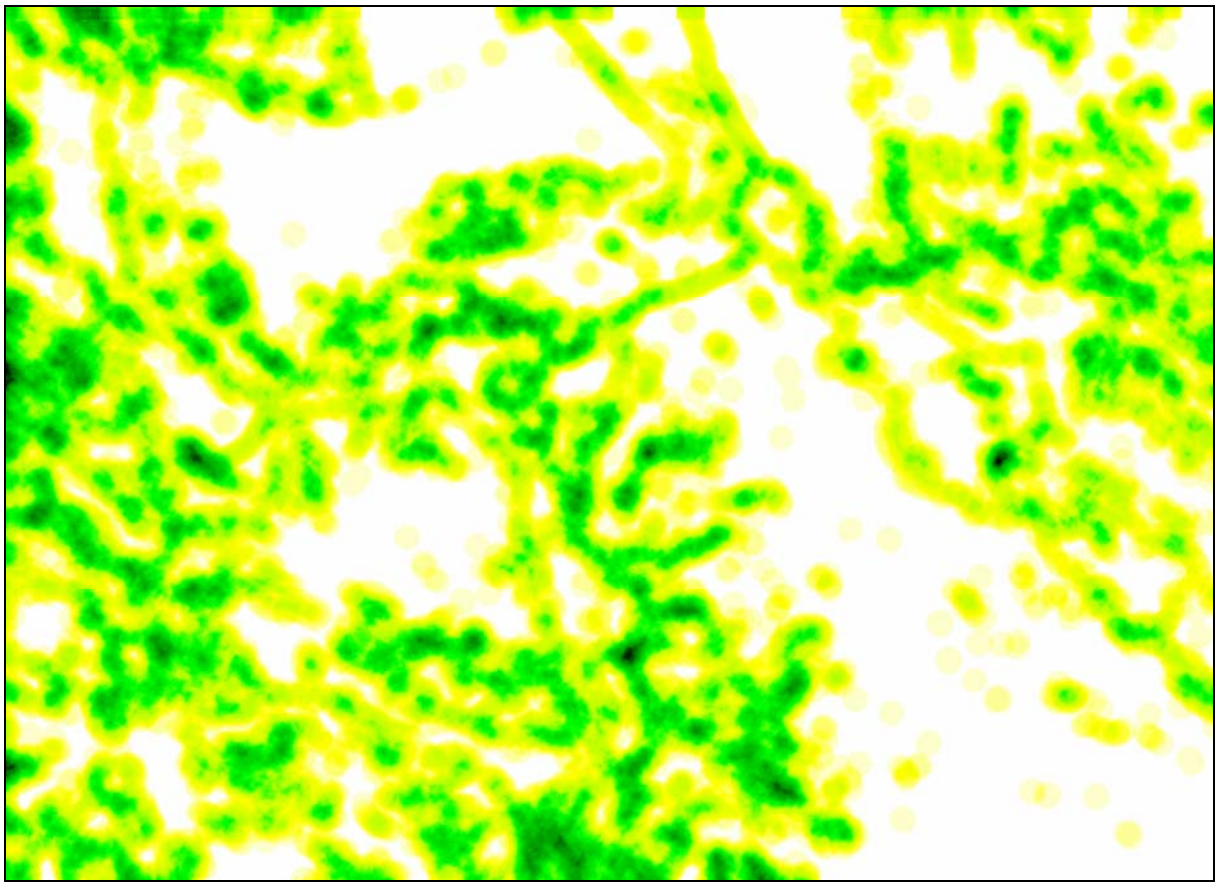
Slika 22: Karta RAZGIBAN prikazuje del faktorja Relief in sicer razgibanost reliefa. Ravninski relief je bele barve, gričevnat in gorat relief pa črne.



Slika 23: Karta GORESC prikazuje del faktorja Relief in sicer vpliv gora kot scenskega ozadja (svetle so površine, ki imajo pogled na gore, višje od 1500 m).



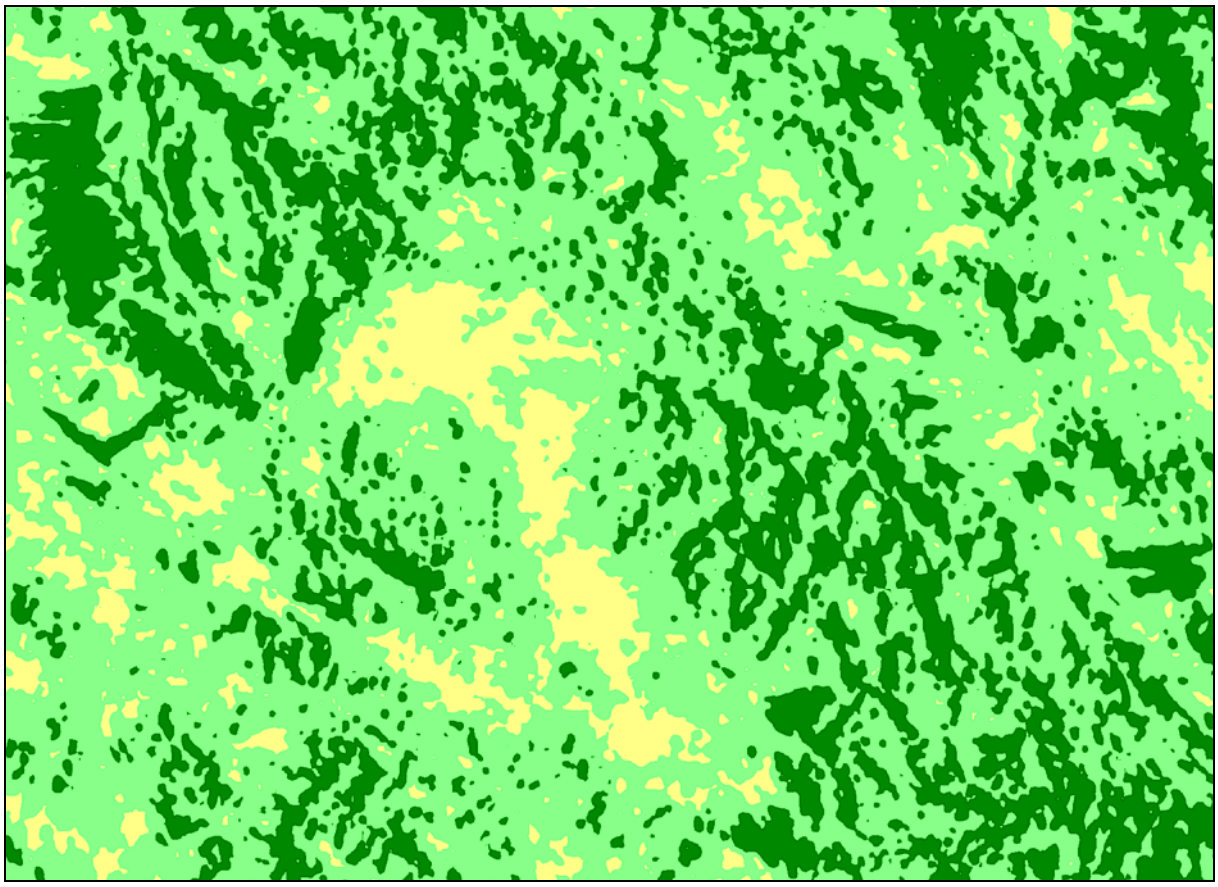
Slika 24: Karta VIDPOV prikazuje del faktorja Relief in sicer površino vidnega reliefa, ocenjeno na podlagi vidnosti v 8 glavnih smereh. Pri analizi vidnosti je upoštevana poraščenost z gozdom leta 1995. Delitev na razrede je taka, da vsak zavzema približno enako površino.



Razčlenjenost gozdnega roba:

0 13 km / km2

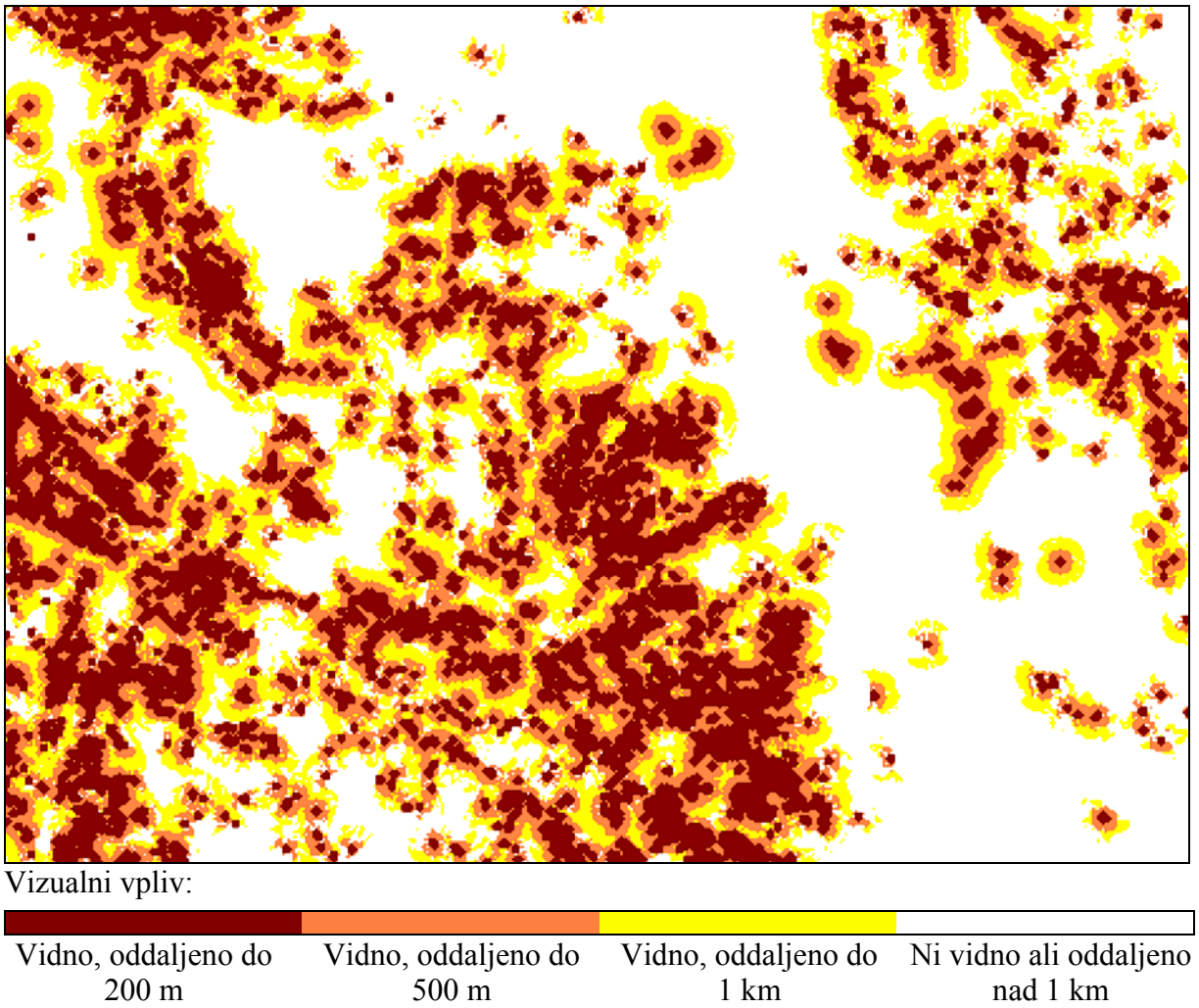
Slika 25: Karta CLENGR prikazuje del faktorja Vegetacija in sicer razčlenjenost gozdnega roba, definirano kot dolžina gozdnega roba (stanje 1995) na površinsko enoto.



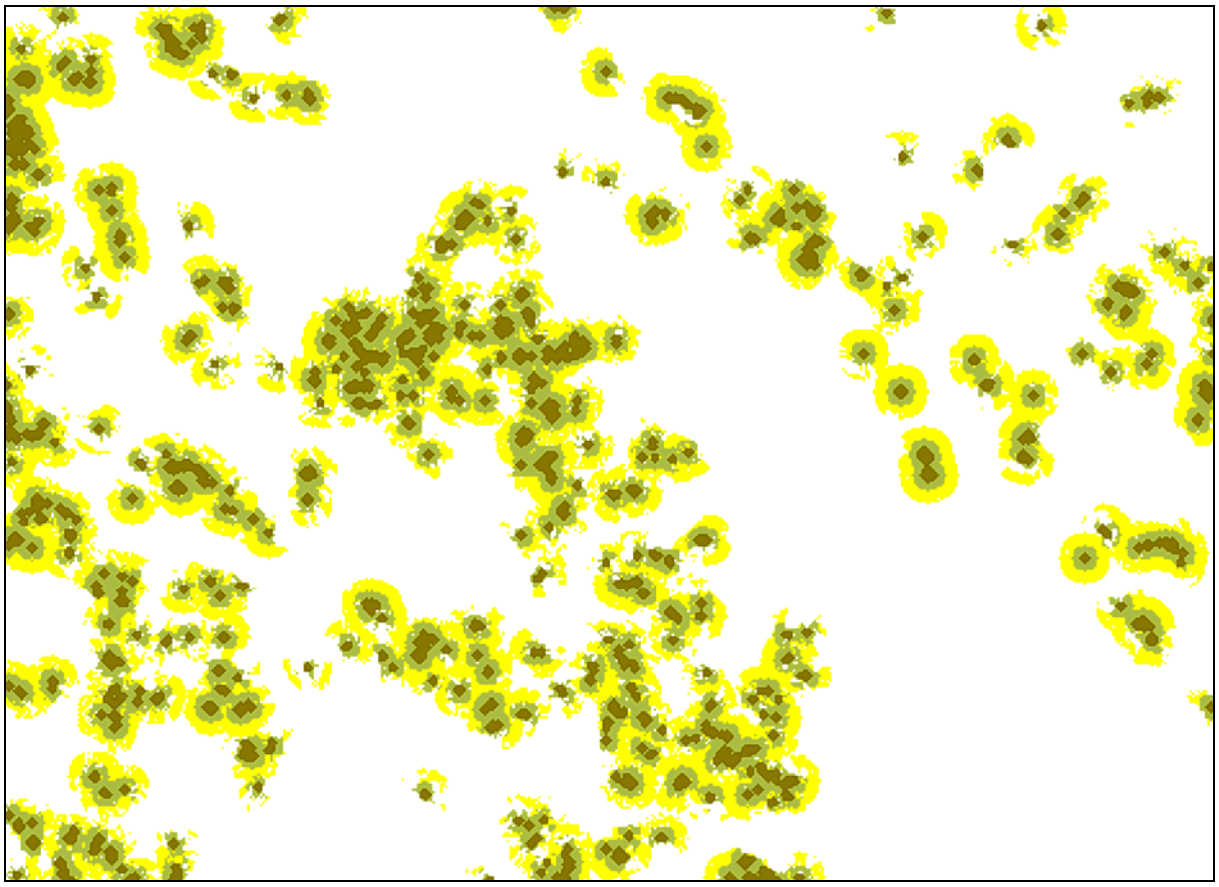
Povprečni vertikalni zorni kot:

0 do 1º 2º do 5º 6º in več

Slika 26: Karta GOZDSC prikazuje del faktorja Vegetacija in sicer vpliv prisotnosti gozda kot scenskega ozadja. Ta vpliv je merjen kot povprečni vertikalni zorni kot vidnega gozda (upoštevajoč relief in stanje gozda 1995), ocenjen v 8 glavnih smereh iz vsake točke v prostoru.



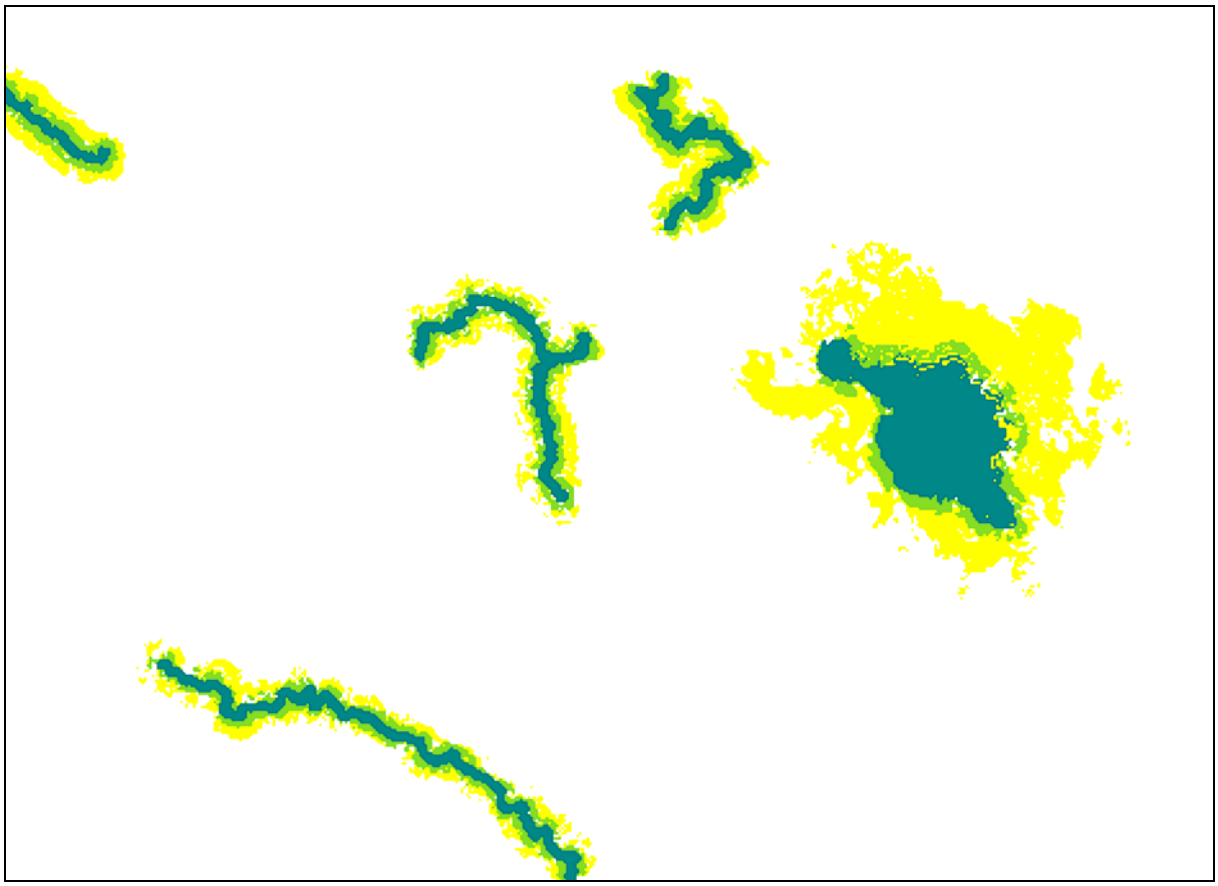
Slika 27: Karta VIDZAR prikazuje del faktorja Vegetacija in sicer odraža vpliv vidnosti in oddaljenosti površin v zaraščanju.



Vizualni vpliv:

Ni vidno ali oddaljeno nad 1 km	Vidno, oddaljeno nad 1 km	Vidno, oddaljeno do 500 m	Vidno, oddaljeno do 200 m

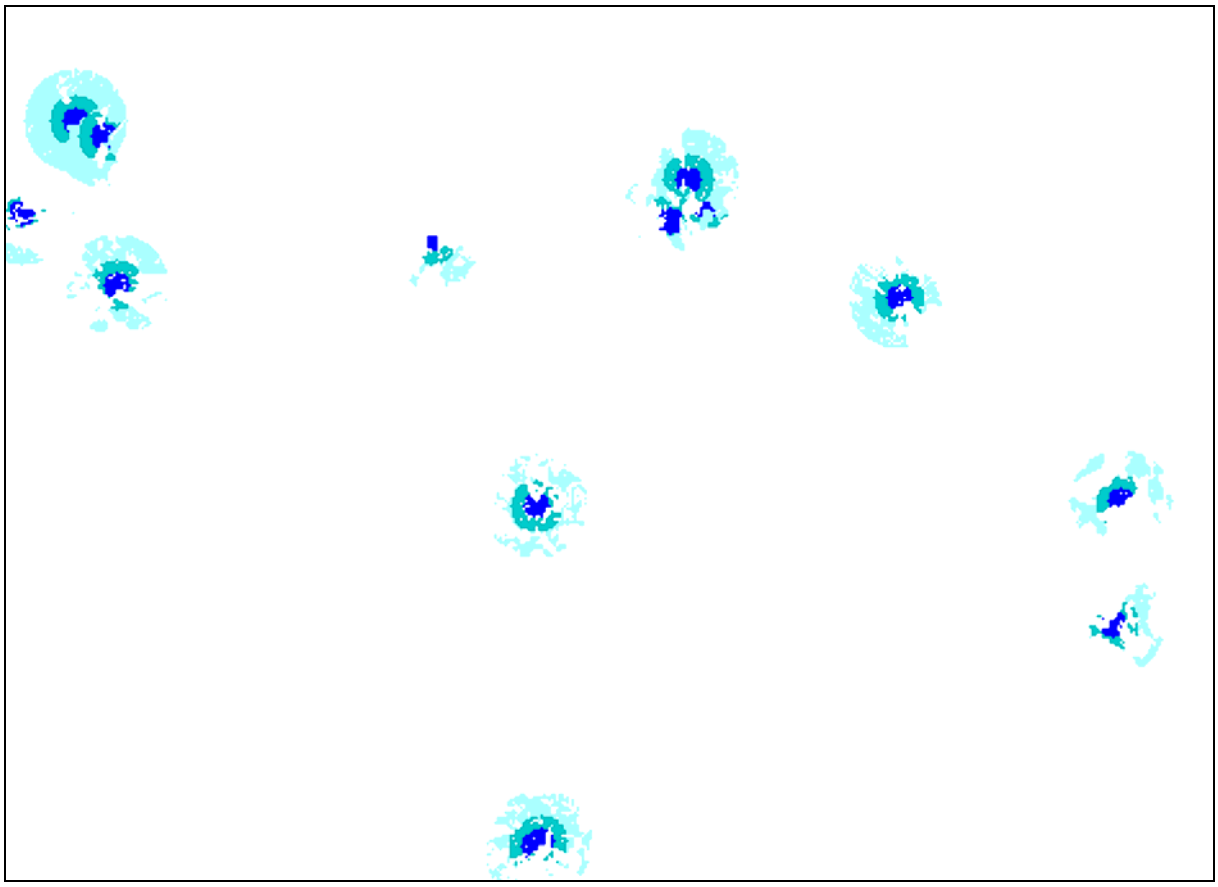
Slika 28: Karta VIDGE prikazuje del faktorja Vegetacija in sicer odraža vpliv vidnosti in oddaljenosti gozdnih enklav v kmetijski krajini.



Vizualni vpliv:

Ni vidno / > 1 km	Vidno, odd. ≤ 1 km	Vidno, odd. ≤ 500 m	Vidno, odd. ≤ 200 m	(reke)
Ni vidno / > 5 km	Vidno, odd. ≤ 5 km	Vidno, odd. ≤ 1 km	Vidno, odd. ≤ 500 m	(Cerkniško jezero)

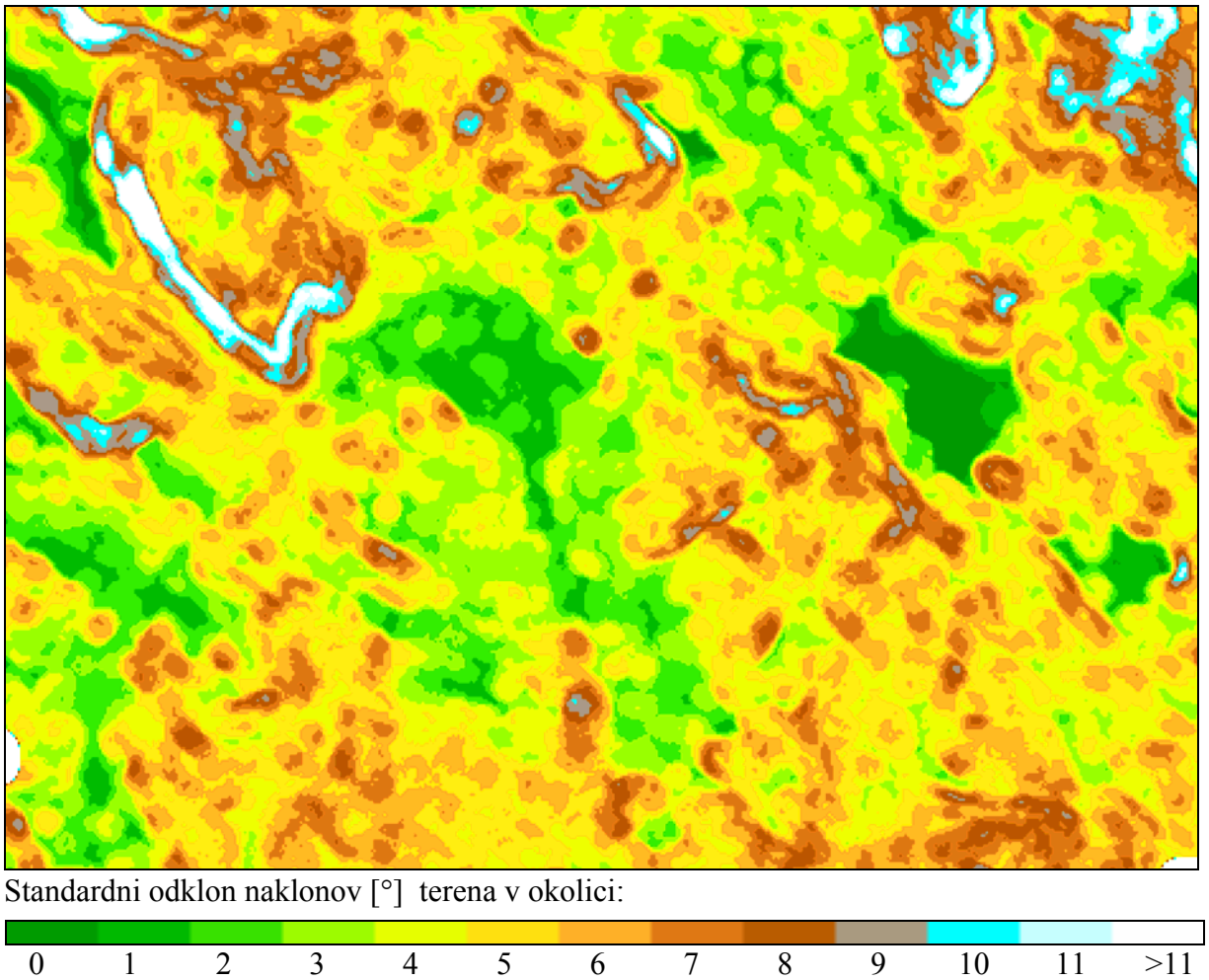
Slika 29: Karta VIDVODE prikazuje faktor Vode in sicer odraža vpliv vidnosti in oddaljenosti vodnih teles.



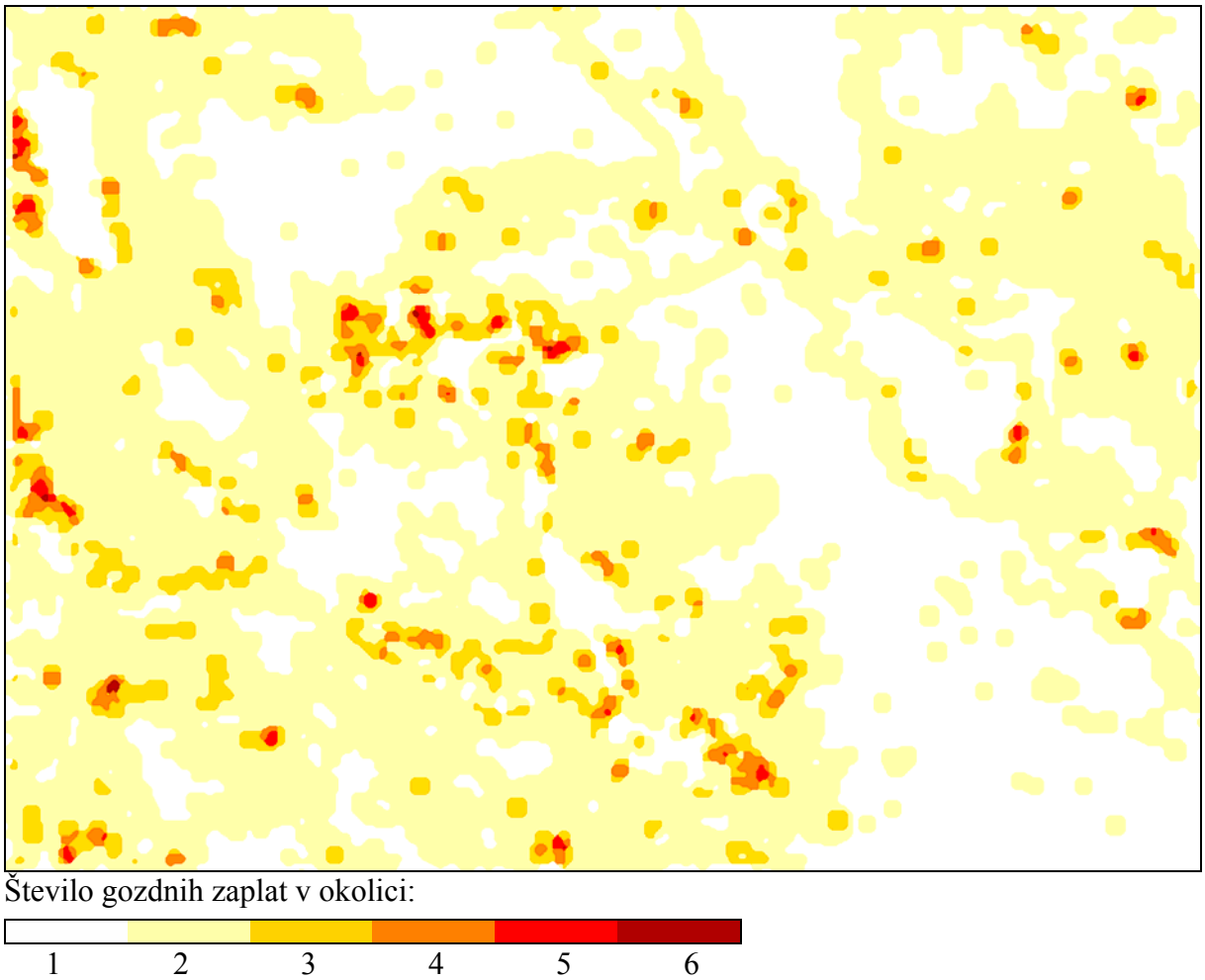
Vizualni vpliv:

Ni vidno / oddaljeno nad 1 km	Vidno, oddaljeno do 1 km	Vidno, oddaljeno do 500 m	Vidno, oddaljeno do 200 m

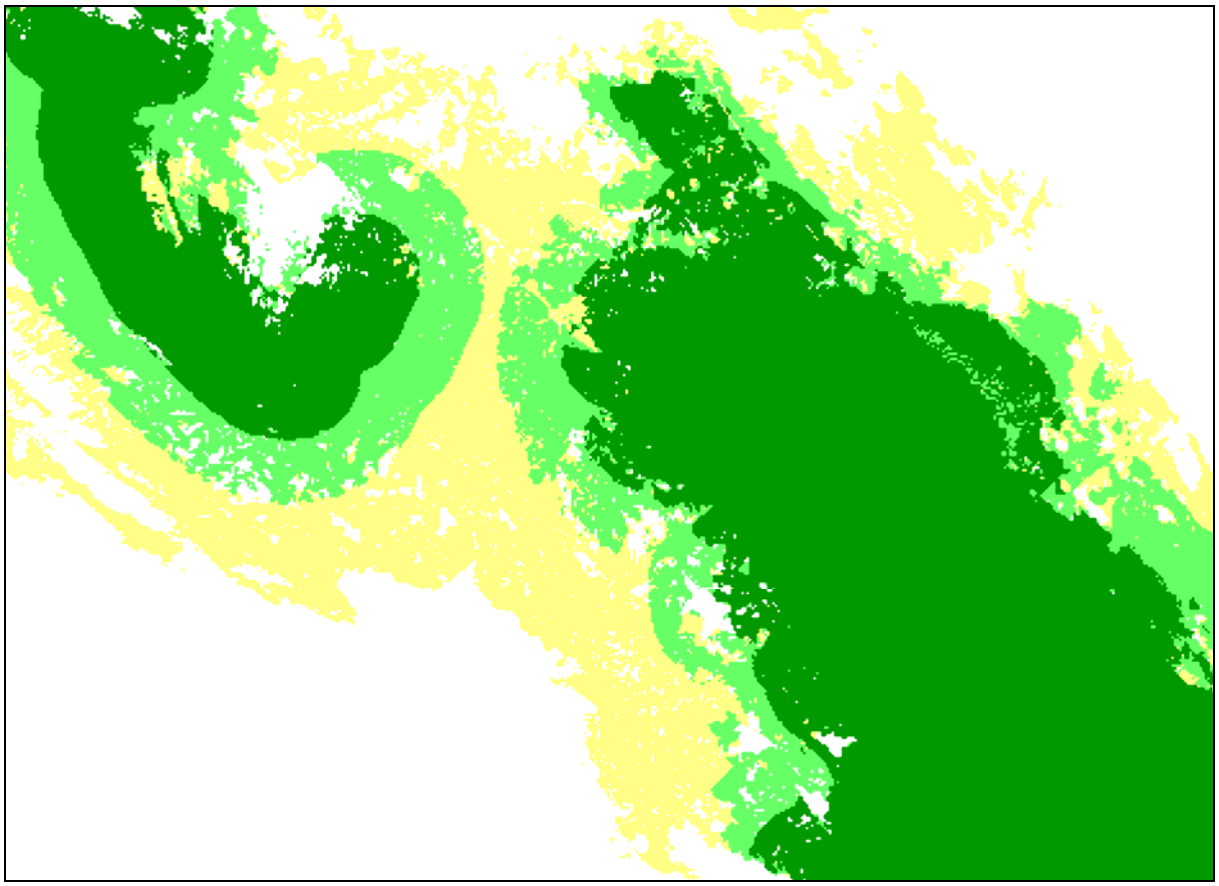
Slika 30: Karta ARH prikazuje faktor Arhitektura in sicer odraža vpliv vidnosti in oddaljenosti krajinsko pomembnih arhitekturnih spomenikov.



Slika 31: Karta RAZGREL prikazuje del faktorja Kompozicija in sicer odraža vpliv razgibanosti reliefa, ki je izražen kot standardni odklon naklonov terena v lokalni okolici vsake analizirane točke na digitalnem modelu reliefa.



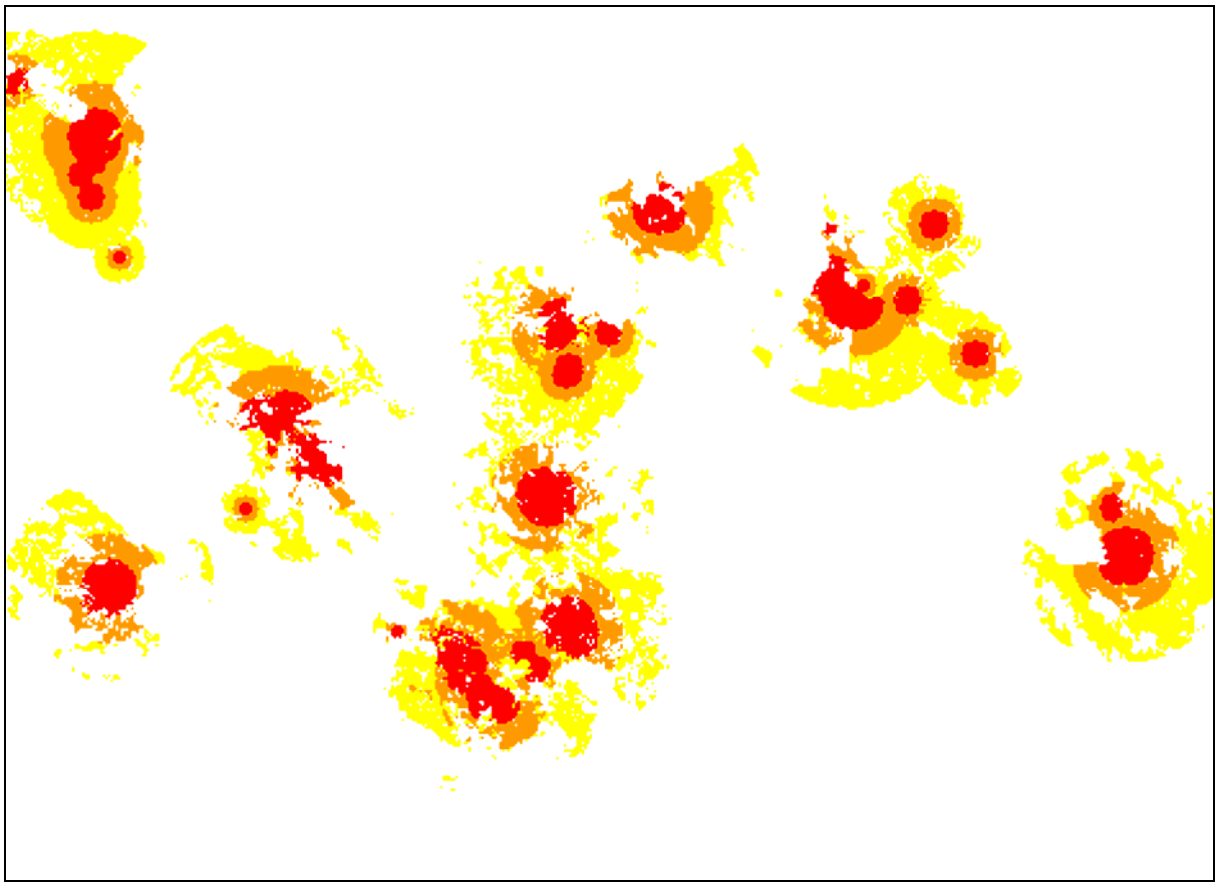
Slika 32: Karta PESTVEG prikazuje del faktorja Kompozicija in sicer prikazuje pestrost vegetacijskih oblik, ki je definirana kot število vidnih zaplat gozda v bližnji okolici.



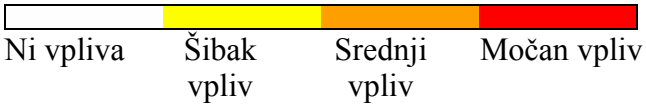
Intenzivnost vpliva:

Ni vpliva | Šibak vpliv | Srednji vpliv | Močan vpliv

Slika 33: Karta SIMBNAR prikazuje del faktorja Kompozicija in sicer prikazuje vpliv simbolnega pomena naravnih prvin. Ta pomen je odvisen od vidnosti in oddaljenosti pomembnih elementov naravne dediščine.



Intenzivnost vpliva:



Ni vpliva | Šibak vpliv | Srednji vpliv | Močan vpliv

Slika 34: Karta ANTRDEG prikazuje faktor Antropogeni degradacijski vplivi. Ti so odvisni od vidnosti in bližine velikih in vizualno motečih objektov.

11.2.2 Rezultati anketiranja

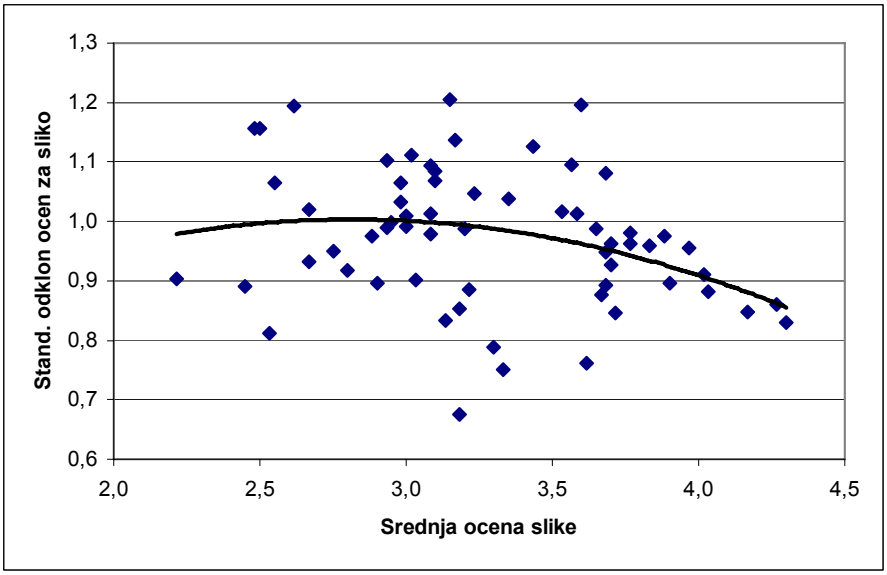
V nadaljevanju so predstavljeni rezultati dveh anket o vizualnoestetskih preferencah. Pri prvi anketi smo anketirancem prikazovali slike drugo za drugo, pri drugi anketi pa vse hkrati, pri čemer je bil izbor fotografij zožen na najbolj medsebojno primerljive fotografije.

Vzorec za prvo anketo je predstavljalo 60 študentov Biotehniške fakultete; 35 odstotkov jih je bilo iz Oddelka za krajinsko arhitekturo, 65 odstotkov pa iz Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Študentje prvega letnika so predstavljali 27 odstotkov vzorca, drugega letnika 38 odstotkov in tretjega letnika 35 odstotkov.

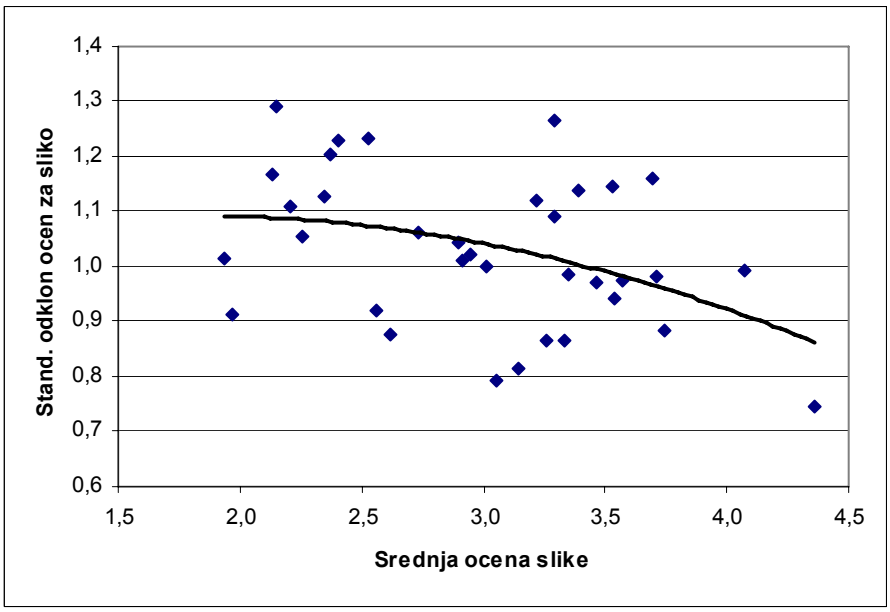
Ob maksimalnem možnem razponu ocenjevanja od 1 do 5 segajo srednje ocene slik pri prvi anketi od 2,2 do 4,3, kar kaže, da ni bilo izrazito grdih slik. Povprečje vseh ocen je 3,3 in standardni odklon 1,1. Graf 9 kaže porazdelitev ocen ter konsenz ocenjevanja, ki je največji pri najbolje ocenjenih slikah, najslabši pa na sredini rang lestvice.

Izkazalo pa se je, da imajo anketiranci kljub ocenjevalni lestvici s komaj 5 stopnjami močno različne razpone ocenjevanja (Dodatek 6), saj povprečja po anketirancih segajo od 2,4 do 4,4 in standardni odkloni po anketirancih od 0,6 do 1,4. Zato smo zaradi primerljivosti ocen te pretvorili tako, da so vsi anketiranci imeli enako aritmetično sredino ocen (enako 0) in enak standardni odklon ocen (enak 1). Nato smo pretvorjene ocene standardizirali na obseg 0 .. 1. Rang fotografij glede na preference anketirancev prikazuje Slika 35.

Pri drugi anketi (Dodatek 7) je vzorec predstavljalo 29 študentov Biotehniške fakultete; 21 odstotkov jih je bilo iz Oddelka za krajinsko arhitekturo, 79 odstotkov pa iz Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Študentje prvega letnika so predstavljali 71 odstotkov vzorca, drugega letnika 29 odstotkov. Razpon srednjih ocen pri drugi anketi sega od 1,9 do 4,4. Povprečje vseh ocen je 3,0 in standardni odklon 1,2. Graf 10 kaže porazdelitev ocen ter konsenz ocenjevanja, Slika 36 pa rang fotografij glede na preference anketirancev.



Graf 9: Prva anketa - porazdelitev variabilnosti ocenjevanja glede na srednjo oceno slike kaže na stopnjo konsenza anketirancev.



Graf 10: Druga anketa - porazdelitev variabilnosti ocenjevanja glede na srednjo oceno slike kaže na stopnjo konsenza anketirancev.

Slika 35: Prva anketa - fotografije, rangirane glede na ocene anketirancev od najlepše (rang 1) do najgrše (rang 63).

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

Slika 36: Druga anketa - fotografije, rangirane glede na ocene anketirancev od najlepše (rang 1) do najgrše (rang 35).

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

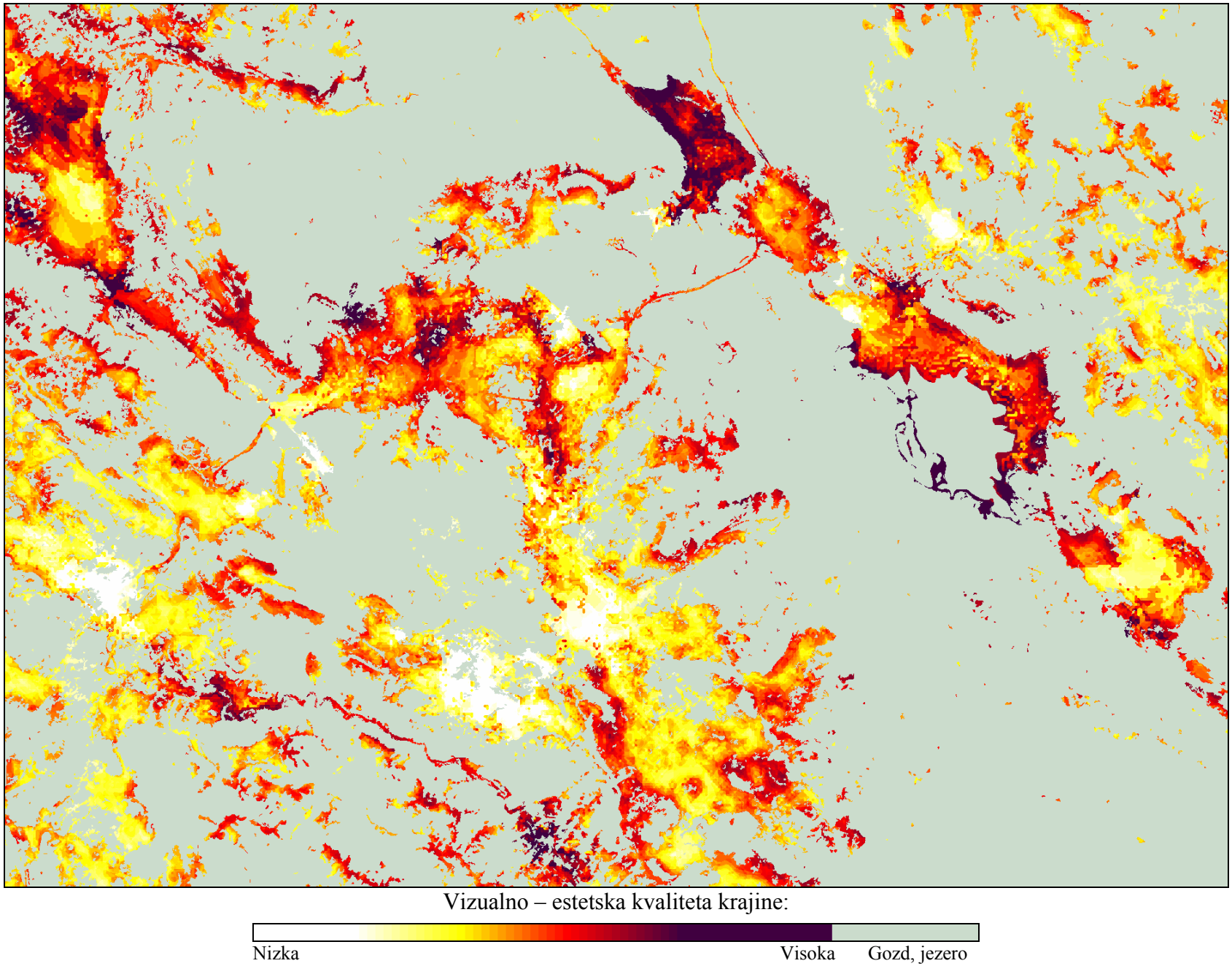
11.2.3 Ekspertni model

Najprej smo na 1-odstotnem vzorcu pikslov, slučajnostno izbranih iz negozdnega prostora, paroma preverili medsebojno soodvisnost vseh vplivnih faktorjev modela (Preglednica 32). Korelacijska matrika kaže, da večina faktorjev ne kaže velike medsebojne povezanosti in jih je torej hkrati mogoče uporabiti tako v ekspertnem kot v statističnem modelu.

Preglednica 32: Korelacijska matrika vplivnih faktorjev. Poudarjene so relacije, kjer je koeficient korelacije R med dvema faktorjema po absolutni vrednosti večji od 0,50.

	VIDHOR	VIDPOV	RAZGIBAN	GORESC	CLENGR	GOZDSC	VIDZAR	VIDGE	VIDVODE	ARH	RAZGREL	PESTVEG	SIMBNAR	ANTRDEG
VIDHOR	1	0,26	0,11	0,27	0,20	-0,21	-0,19	-0,01	-0,23	-0,08	0,09	0,14	-0,22	0,04
VIDPOV	0,26	1	-0,12	0,22	-0,39	0,20	0,17	-0,08	0,24	0,16	-0,12	-0,24	0,49	-0,27
RAZGIBAN	0,11	-0,12	1	-0,05	0,30	0,18	-0,01	-0,16	-0,11	0,00	**0,72**	0,20	-0,11	0,22
GORESC	0,27	0,22	-0,05	1	-0,07	-0,12	0,04	0,00	-0,13	-0,04	-0,05	-0,03	0,01	-0,10
CLENGR	0,20	-0,39	0,30	-0,07	1	-0,16	-0,39	0,21	-0,22	-0,16	0,28	**0,55**	-0,38	0,28
GOZDSC	-0,21	0,20	0,18	-0,12	-0,16	1	0,09	-0,21	0,08	0,15	0,19	-0,17	0,25	-0,05
VIDZAR	-0,19	0,17	-0,01	0,04	-0,39	0,09	1	-0,14	0,05	0,11	-0,03	-0,22	0,27	-0,12
VIDGE	-0,01	-0,08	-0,16	0,00	0,21	-0,21	-0,14	1	-0,05	-0,03	-0,17	0,43	-0,02	-0,03
VIDVODE	-0,23	0,24	-0,11	-0,13	-0,22	0,08	0,05	-0,05	1	0,13	-0,11	-0,16	0,37	-0,04
ARH	-0,08	0,16	0,00	-0,04	-0,16	0,15	0,11	-0,03	0,13	1	-0,01	-0,11	0,17	-0,22
RAZGREL	0,09	-0,12	**0,72**	-0,05	0,28	0,19	-0,03	-0,17	-0,11	-0,01	1	0,17	-0,10	0,21
PESTVEG	0,14	-0,24	0,20	-0,03	**0,55**	-0,17	-0,22	0,43	-0,16	-0,11	0,17	1	-0,19	0,14
SIMBNAR	-0,22	0,49	-0,11	0,01	-0,38	0,25	0,27	-0,02	0,37	0,17	-0,10	-0,19	1	-0,16
ANTRDEG	0,04	-0,27	0,22	-0,10	0,28	-0,05	-0,12	-0,03	-0,04	-0,22	0,21	0,14	-0,16	1

Prostorski izraz ekspertnega modela vizualnoestetske kvalitete krajine prikazuje Slika 37. Ker model velja le za negozdni del krajine, je gozd tudi na karti izločen iz vrednotenja. Interval ocen sega od 0,08 do 0,81 (zunaj gozda), povprečje je 0,39 in standardni odklon 0,09.



Slika 37: Karta vrednotenja vizualno-estetske kvalitete negozdne krajine po ekspertnem modelu.

Z analizo korelacije na vzorcu 888 vidnih pikslov na linijah vizur fotografiranja smo nato preverili ujemanje med rezultati ekspertnega modela ter vizualnoestetskimi preferencami, ugotovljenimi s prvo anketo na osnovi 63 fotografij. Ugotovili smo, da korelacije med preferencami, ugotovljenimi s prvo anketo, in modelom skoraj ni oziroma znaša R = –0,07. Na podlagi istega vzorca smo preverili še, kateri vplivni faktorji ekspertnega modela statistično najbolje pojasnjujejo variabilnost preferenc. Linearna regresija (Preglednica 33) pokaže, da obstaja značilna povezava preferenc po prvi anketi s 7 vplivnimi faktorji izmed tistih, ki so bili implicitno prikazani na fotografijah, ki so bile podlaga za anketo o preferencah. Zaznaven delež variabilnosti (gl. standardizirani regresijski koeficient) pojasnijo naslednji faktorji: število vidnih horizontov, vidna površina reliefa, gozd kot scensko ozadje in vidnost zaraščanja. Prvi in tretji od naštetih faktorjev sta v obratnem sorazmerju s preferencami. Skupni koeficient korelacije znaša R = 0,32, delež variabilnosti, ki jo regresijska enačba pojasnjuje, pa $R^2 = 0,10$.

Korelacijo rezultatov ekspertnega modela s preferencami po drugi anketi, ki je vključevala zmanjšan izbor 35 fotografij, smo ocenili na vzorcu 647 vidnih pikslov na linijah vizur fotografiranja. Ugotovili smo korelacijo, ki znaša R = 0,12. Faktorja ekspertnega modela, ki statistično najbolje pojasnjujeta variabilnost preferenc, sta razgibanost reliefa in vidnost površin v zaraščanju, linearna regresija med njima in preferencami pa pokaže koeficient korelacije R = 0,45 (Preglednica 34). Regresijska enačba pojasnjuje 21 odstotkov variabilnosti preferenc.

Preglednica 33: Linearna regresija med preferencami po prvi anketi ter vplivnimi faktorji ekspertnega modela.

	Regr. koeficient		Standardizirani r. k.		t statistika	p vrednost
	Ocena	Standardna napaka	Ocena	Standardna napaka		
Konstanta	72,020	1,534			46,937	0,000
VIDZAR	0,039	0,011	0,125	0,035	3,632	0,000
VIDHOR	-0,121	0,019	-0,239	0,038	-6,263	0,000
VIDPOV	0,057	0,012	0,192	0,041	4,710	0,000
GOZDSC	-0,076	0,018	-0,163	0,038	-4,259	0,000
PESTVEG	-0,068	0,022	-0,112	0,036	-3,112	0,002
VIDGE	-0,020	0,011	-0,068	0,036	-1,891	0,059
RAZGREL	0,026	0,015	0,086	0,051	1,689	0,092

Preglednica 34: Linearna regresija med preferencami po drugi anketi ter vplivnimi faktorji ekspertnega modela.

	Regr. koeficient		Standardizirani r. k.		t statistika	p vrednost
	Ocena	Standardna napaka	Ocena	Standardna napaka		
Konstanta	39,438	0,867			45,513	0,000
RAZGIBAN	0,107	0,010	0,370	0,035	10,510	0,000
VIDZAR	0,108	0,016	0,235	0,035	6,661	0,000

11.2.4 Statistični model

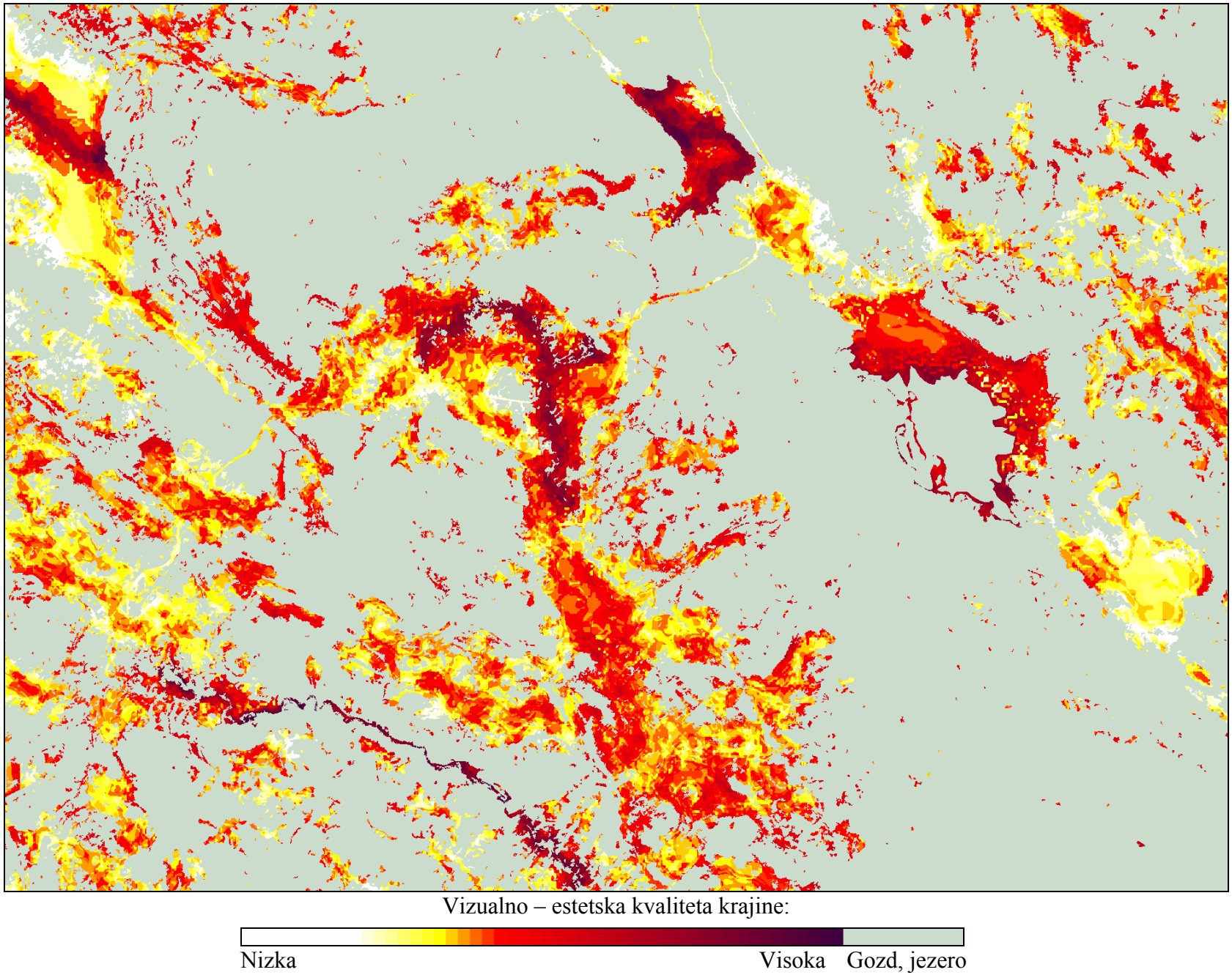
Statistični model vrednotenja vizualnoestetske kvalitete negozdne krajine ima obliko linearne regresijske enačbe. Ciljna spremenljivka je rezultat že izvedenega vrednotenja na ravni krajinskih enot (Marušič 1998). Kot pojasnjevalne spremenljivke smo vzeli tiste vplivne faktorje ekspertnega modela, ki so relevantni za navedeno vrednotenje krajinskih enot. Pri izboru pojasnjevalnih spremenljivk v model smo upoštevali tudi soodvisnost pojasnjevalnih spremenljivk, ki jo prikazuje zgoraj navedena korelacijska matrika (Preglednica 32), pa tudi statistično značilnost regresijskih povezav. Koeficient korelacije znaša R = 0,50, delež pojasnjene variabilnosti pa R^2 = 0,25. Obstaja značilna povezava z 8 neodvisnimi spremenljivkami. Največji delež variabilnosti pojasnijo naslednje spremenljivke: vode, razgibanost reliefa, razčlenjenost gozdnega roba in vidna površina reliefa. Tretja in četrta od naštetih spremenljivk sta z rezultati Marušičeve valorizacije v obratnem sorazmerju.

Preglednica 35: Statistični model vrednotenja vizualno-estetske kvalitete kulturne krajine.

	Regr. koeficient		Standardizirani r. k.		t statistika	p vrednost
	Ocena	Standardna napaka	Ocena	Standardna napaka		
Konstanta	78,083	1,662			46,968	0,000
VIDVODE	0,196	0,019	0,333	0,033	10,107	0,000
VIDZAR	-0,070	0,011	-0,195	0,032	-6,144	0,000
RAZGREL	0,113	0,017	0,329	0,048	6,814	0,000
CLENGR	-0,092	0,013	-0,245	0,034	-7,186	0,000
VIDPOV	-0,075	0,016	-0,217	0,046	-4,769	0,000
VIDHOR	0,080	0,022	0,136	0,037	3,696	0,000
RAZGIBAN	-0,027	0,010	-0,120	0,045	-2,662	0,008
SIMBNAR	0,020	0,012	0,071	0,041	1,727	0,084

Prostorski izraz statističnega modela vizualnoestetske kvalitete krajine prikazuje Slika 38. Ker model velja le za negozdni del krajine, je gozd tudi na karti izločen iz vrednotenja. Interval ocen sega od 0,50 do 1,00 (zunaj gozda), povprečje je 0,71 in standardni odklon 0,07.

Primerjava med ekspertnim in statističnim modelom glede na njuno korelacijo pove, da je R = 0,32. Korelacija je bila merjena na istih vzorčnih točkoh, na podlagi katerih je bil razvit statistični model. Zanimivo je, da je korelacija med Marušičevimi ocenami in preferencami javnosti po fotoanketi le R = 0,05 (merjeno na vzorcu vidnih točk na linijah vizur fotografiranja) in je s tem še nižja kot korelacija preferenc in ekspertnega modela.



Slika 38: Karta vrednotenja vizualno-estetske kvalitete negozdne krajine po statističnem modelu.

11.2.5 Sintezni model

Glede na nezadovoljive rezultate tako ekspertnega kot tudi statističnega modela smo pripravili še sintezni model. Osnova sinteznega modela je statistični model (ki glede na izvedene analize daje nekaj boljše rezultate), dopolnjen s tistimi faktorji ekspertnega modela, ki niso bili upoštevani v ciljni spremenljivki statističnega modela – to je v rezultatih Marušičevega vrednotenja krajinskih enot. Ta faktorja sta arhitektura in antropogeni degradacijski vplivi. Sintezni model smo oblikovali na podlagi lastne strokovne ocene, saj nimamo nobenega referenčnega podatka, s katerim bi lahko preverjali vpliv dveh dodanih faktorjev. Sintezni model je oblike:

SINTMOD = STATMOD + ARH / 10 + ANTRDEG / 10,

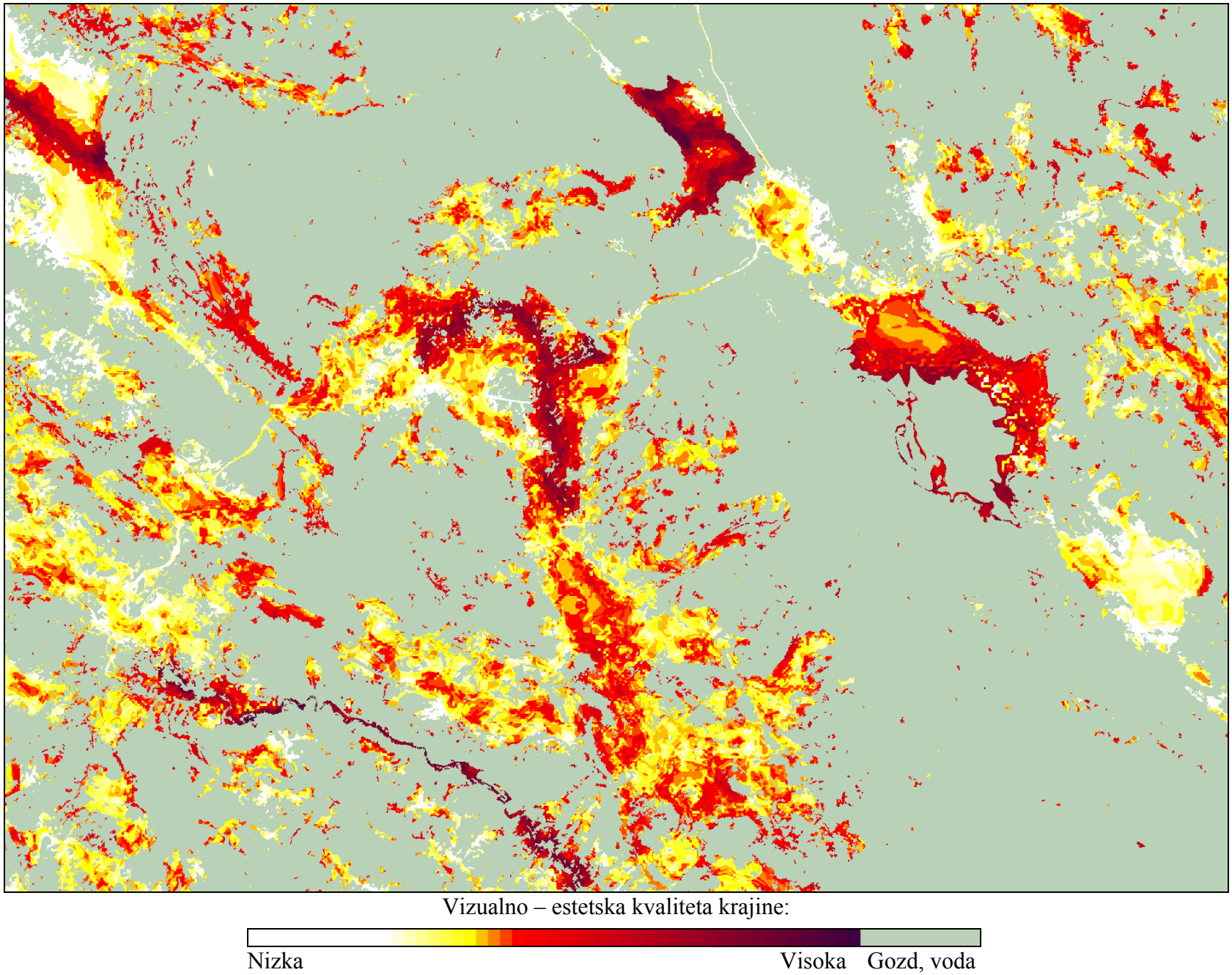
pri čemer sta:

SINTMOD rezultat sinteznega modela na ravni piksla,

STATMOD rezultat statističnega modela na ravni piksla.

Skupaj z dodanima faktorjema je v modelu upoštevanih 10 neodvisnih spremenljivk, od tod tudi število 10 v imenovalcih drugih dveh členov. Tako namreč preprečimo, da bi imela dodana faktorja nesorazmerno veliko težo v sinteznem modelu.

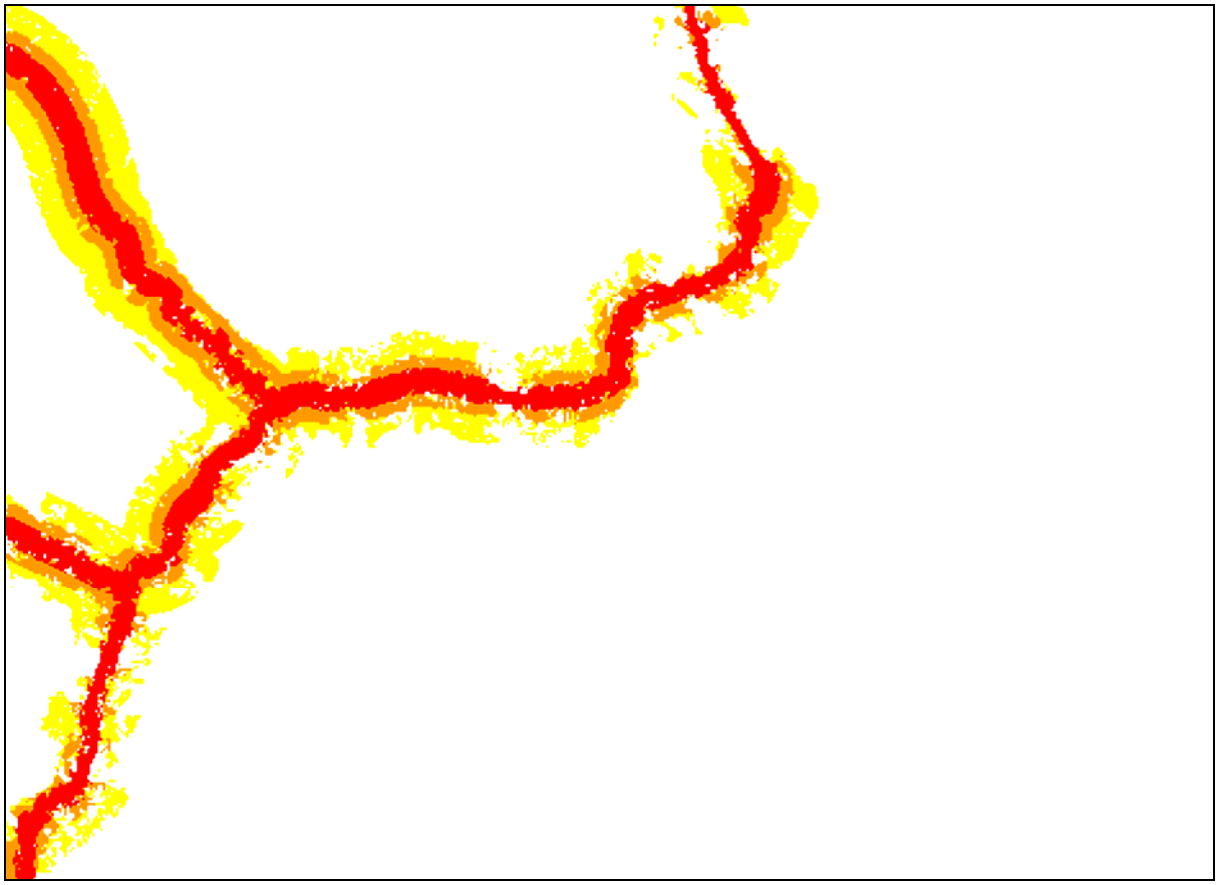
Prostorski izraz sinteznega modela vizualnoestetske kvalitete krajine prikazuje Slika 39. Ker model velja le za negozdni del krajine, je gozd tudi na karti izločen iz vrednotenja. Interval ocen sega od 0,50 do 1,00 (zunaj gozda), povprečje je 0,70 in standardni odklon 0,07.



Slika 39: Karta vrednotenja vizualno-estetske kvalitete negozdne krajine po sinteznem modelu.

11.3 Uporaba modela za ocenjevanje sprejemljivosti zaraščanja

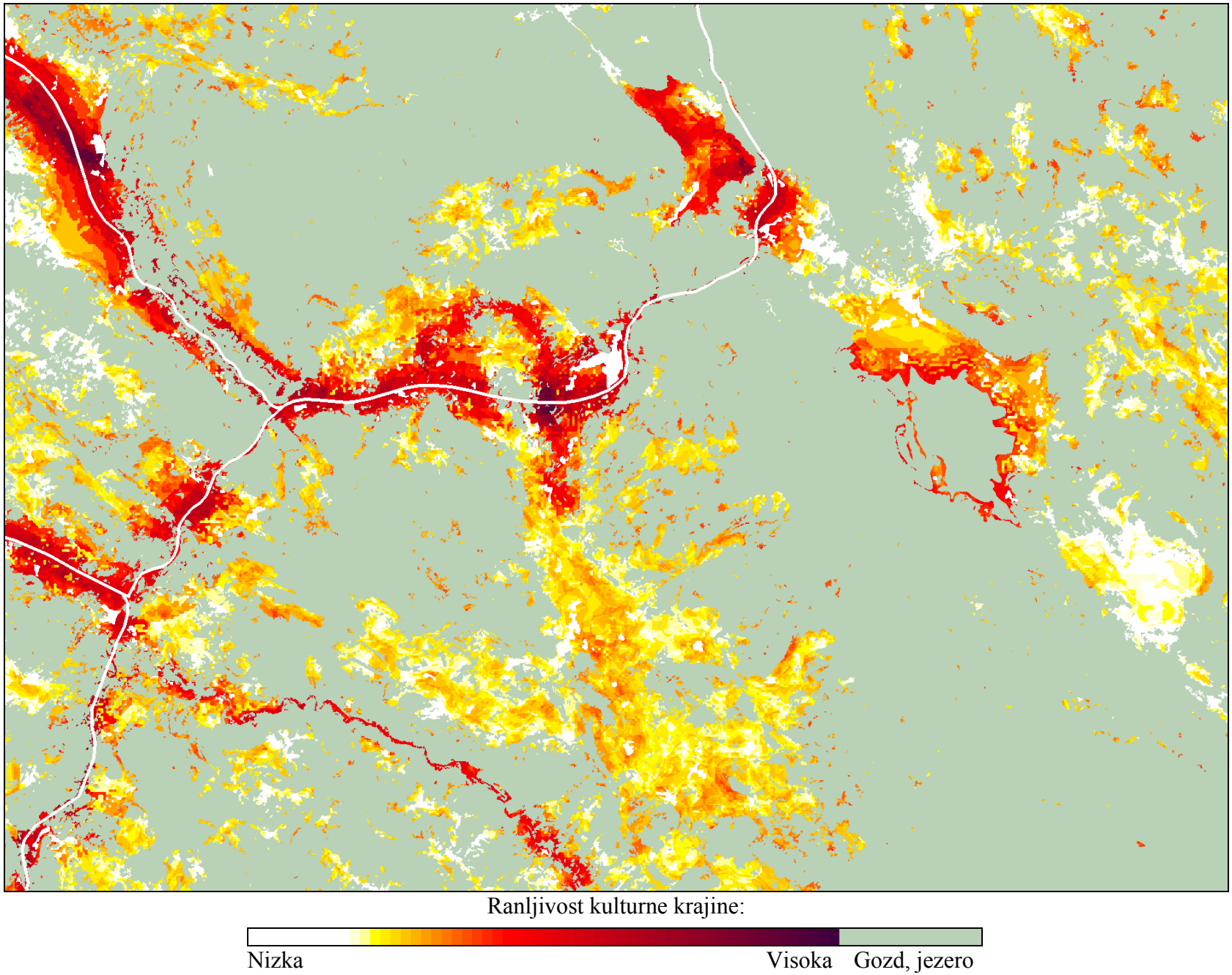
Na koncu smo prikazali še enega od možnih načinov uporabe modela vizualnoestetske kvalitete krajine, in sicer pri izbiri prednostnih območij za varovanje sedanje podobe krajine pred zaraščanjem. Najprej smo določili vidno izpostavljenost glede na avtocesto – karto VIDAC (Slika 40). Nato smo izračunali model ranljivosti vizualnoestetske kvalitete kulturne krajine (Slika 41) ter model prednostnih območij zaščite pred zaraščanjem. Prostorski izraz tega modela je karta ZASCMOD (Slika 42). Končno smo poiskali še najprimernejših 1000 ha, kjer je prednostna zaščita pred zaraščanjem najpotrebnejša (Slika 43). S selektivnim zadrževanjem / reguliranjem spontanih procesov zaraščanja je torej mogoče varovati estetsko posebej dragocene dele kulturne krajine, kar potrjuje našo drugo hipotezo.



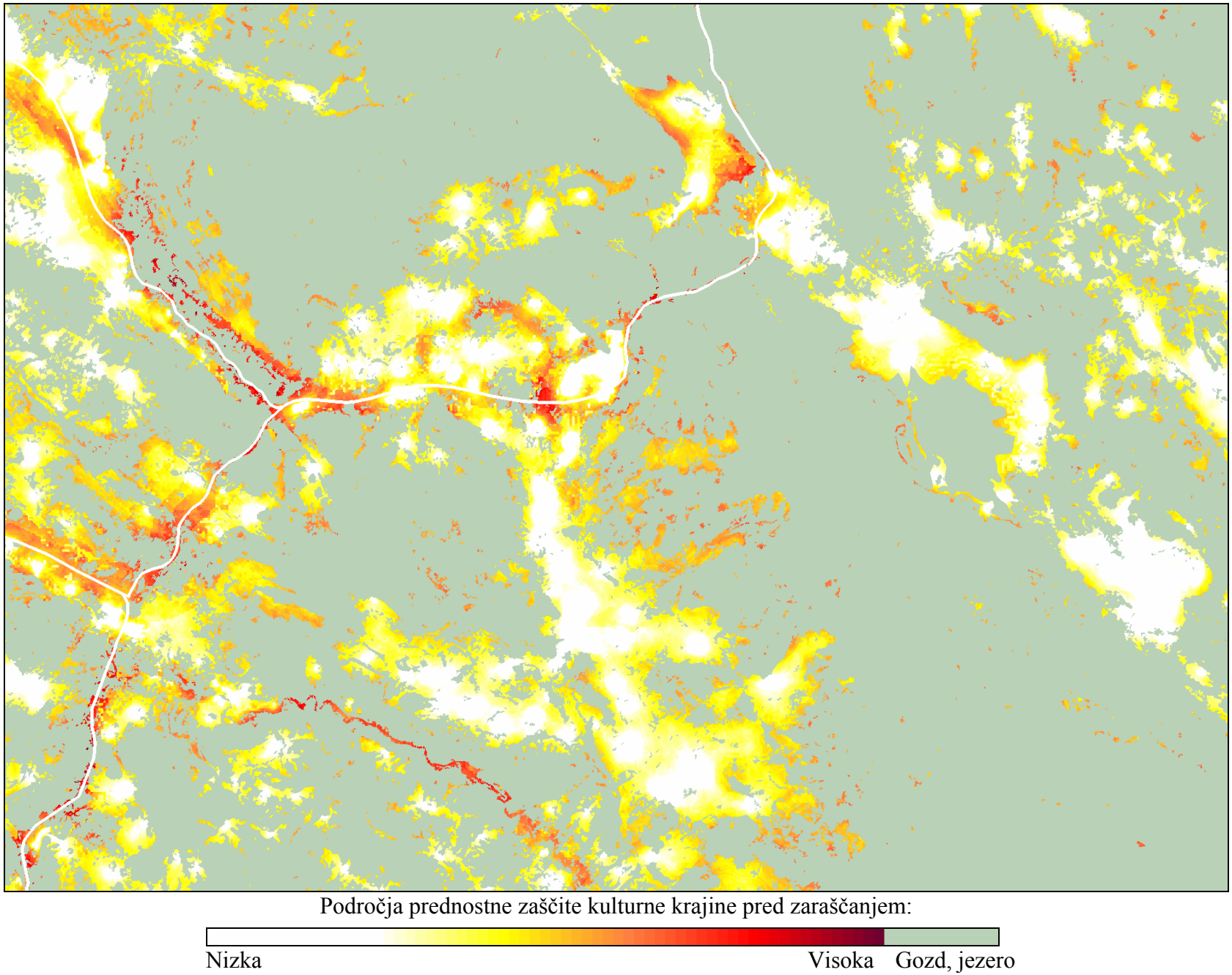
Vidna izpostavljenost kulturne krajine:

Ni vidno ali dlje od 2 km	Vidno, odd. ≤ 2 km	Vidno, odd. ≤ 1 km	Vidno, odd. ≤ 500 m

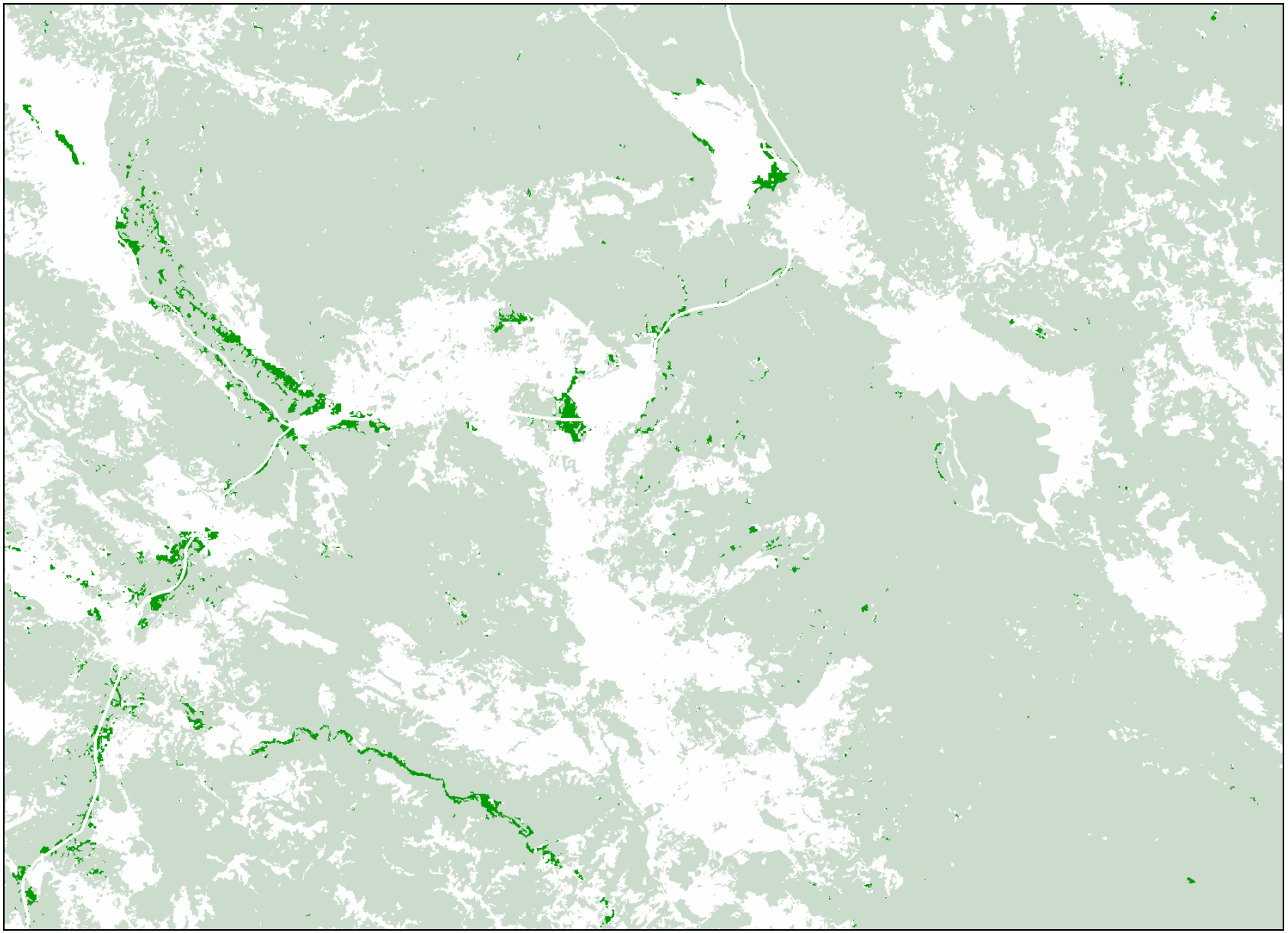
Slika 40: Karta VIDAC prikazuje vidno izpostavljenost kulturne krajine glede na avtocesto z upoštevanjem reliefa in oddaljenosti.



Slika 41: Karta RANMOD prikazuje ranljivost vizualno – estetske kvalitete kulturne krajine.



Slika 42: Karta ZASCMOD prikazuje prednostna območja zaščite pred zaraščanjem.



Slika 43: Lokacija najprimernejših 1000 ha, kjer bi bila iz vidika vizualno – estetske kvalitete krajine prednostna zaščita pred zaraščanjem najbolj potrebna (temno zelena so prednostna območja zaščite, svetlo zelen pa je današnji gozd).

12 DISKUSIJA

V nalogi smo izdelali kvantitativni prostorski model za vrednotenje vizualnoestetskega vidika kulturne krajine v regionalnem merilu, ki kot glavno vhodno spremenljivko upošteva potek gozdnega roba ter zaraščanje opuščenih kmetijskih površin z gozdom. V študijskem območju smo ovrednotili vizualno ranljivost kulturne krajine za zaraščanje ter s pomočjo modela opredelili območja prednostne zaščite pred zaraščanjem. Podatke za razvoj modela smo zagotovili z inventarizacijo zaraščanja v zadnjih 20 letih, pri čemer je pomemben del naloge predstavljal razvoj časovno racionalne metode za satelitsko zaznavanje širjenja gozdnega roba v regionalnem merilu.

Zabeležena stopnja zaraščanja 37 odstotkov v obdobju 1975 – 1995 je bila v raziskovalnem območju bistveno višja od stopnje zaraščanja v istem obdobju v celotni Sloveniji, ki je znašala 27 odstotkov. Tako hitro zaraščanje narekuje monitoring širjenja gozda, kar potrjuje našo prvo hipotezo.

Metoda, ki smo jo uporabili za kartiranje gozdnega roba na satelitskem posnetku Landsat TM, v uporaben postopek združuje tri ločene tehnike: nenadzorovano klasifikacijo, strojno učenje in klasifikacijo na podlagi logičnih pravil. S tako kombinacijo smo omogočili bistveno racionalizacijo metode in izboljšanje prostorske evidence gozda v primerjavi z referenčnim virom, tj. slovensko bazo CORINE Land Cover. Racionalizacijo vidimo predvsem v tem, da smo (1) radikalno skrajšali fazo poimenovanja pri nenadzorovani klasifikaciji ter (2) s strojnim učenjem zelo hitro pripravili serijo odločitvenih pravil za drugo fazo klasifikacije. Izboljšanje prostorske evidence gozda je vidno v 80-kratnem povečanju prostorske ločljivosti karte na 0,25 ha (4 slikovne piksle) v primerjavi s slovensko bazo CLC, kjer najmanjša površina kartiranja znaša 20 ha. Pozicijska napaka gozdnega roba na karti v 50 odstotkih ne presega 14 m (približno pol piksla), v povprečju pa znaša 26,6 m (en piksel). Če kot kriterij vzamemo grafično natančnost 0,3 mm, potem taka pozicijska napaka dovoljuje uporabo karte v merilu 1 : 50.000. Dosežena tematska točnost na ravni vseh štirih kartiranih razredov pokrovnosti (negozd/opuščeni travnik/grmišče/gozd) znaša 82 oziroma 67 odstotkov po statistiki Kappa. Na ravni agregiranih dveh razredov (negozd + opuščeni travnik + grmišče/gozd) se poveča na 91 oziroma 81 odstotkov (Kappa). Statistika Kappa po razredih pokrovnosti (Preglednica 25, Preglednica 26) odkriva, da gre ta razlika predvsem na račun napak pri kartiranju razredov grmišča in opuščeni travniki. Vzroke za manj uspešno kartiranje

teh dveh razredov pokrovnosti vidimo v njuni slabši določljivosti tako na satelitski sliki kot tudi na aeroposnetkih ter v rahli razliki definicij med trenažnimi in kontrolnimi podatki (gl. v nadaljevanju). Dosežena točnost kartiranja je vseeno na enaki ali boljši ravni kot pri primerljivih raziskavah drugih avtorjev, in to pri precej manjši porabi časa za kartiranje (na primer Bodmer 1993, Reuther in sod. 1996, Slaymaker in sod. 1996, Vogelmann in sod. 1998). Tudi neposredna primerjava metode klasifikacije z odločitvenimi drevesi s konvencionalnimi metodami klasifikacije, ki sta jo izvedla Friedl in Brodley (1997), potrjuje superiornost odločitvenih dreves tako glede točnosti kot glede porabe časa za kartiranje. Vzrokov posebne uporabnosti odločitvenih dreves na področju daljinskega zaznavanja je več (Friedl in Brodley 1997). Glavne so enostavnost in eksplicitnost, odločitvena drevesa ne predpostavljajo določene porazdelitve podatkov in so zato precej neobčutljiva za šum v podatkih ali za nelinearne zveze med spremenljivkami, predvsem pa obvladajo tako zvezne kot diskretne spremenljivke, zato je v postopek klasifikacije mogoče vključiti tudi dodatne informacije v tematskih GIS-slojih. Informacijsko vsebino in s tem točnost in podrobnost gozdnih kart pa je s kombiniranjem GIS in daljinsko zaznanih podatkov mogoče občutno povečati (Hočevar 1996).

Pomembno zaslugo za hitro kartiranje ima tudi razpoložljivost baze CLC, zaradi česar nam ni bilo treba izgubljati časa z obsežnim zbiranjem trenažnih podatkov (seveda z izjemo neodvisnega vzorca za kontrolo točnosti kartiranja). Podoben prijem – tj. uporabo že obstoječe tematske karte kot trenažnega podatka za klasifikacijo satelitske slike – so s pridom uporabili tudi drugi avtorji (Bucha 1997, Chalifoux in sod. 1998, Stoms in sod. 1998). Sprejemljiva točnost karte pri precej večji prostorski ločljivosti v primerjavi s prostorsko posplošenimi trenažnimi podatki ni presenetljiva. Ta pojav so opazili tudi drugi avtorji in je poznan kot "čistilni učinek" oziroma *clean-up effect* (Michie and Camacho 1994). Učinek nastopi zaradi strojnega učenja, ki prepoznava neznačilne primere v trenažnih podatkih (ki so nastali zaradi napak fotointerpretacije in digitalizacije v teku projekta CORINE Land Cover) in jih izloči. Čistilni učinek je bil v našem primeru še okrepljen zaradi intervencij interpretatorja, ki je popravljal vsebino generiranih odločitvenih dreves v skladu s svojim poznavanjem razmer v študijskem območju.

Congalton in Green (1993) ugotavljata, da na oceno točnosti klasificirane slike vplivajo tako sama točnost klasifikacije kot tudi nekateri drugi vplivi (t. i. *non-error differences*), ki lahko pomembno znižajo oceno točnosti. Način zbiranja kontrolnih podatkov, ki smo ga uporabili, zmanjšuje ali odpravlja naslednje negativne vplive:

1. vpliv prostorskega zamika med ocenjevano sliko in kontrolno bazo podatkov: tega zamika ni, ker smo pravi gozdni rob, prepoznan pod stereoskopom, zarisovali direktno na RGB-kompozitno sliko (Slika 12), narejeno iz istih satelitskih podatkov, kot so bili uporabljeni za samo klasifikacijo;
1. spremembe v kategoriji pokrovnosti v naravi med časom snemanja satelitske slike in kontrolnih podatkov: ta vpliv je verjetno zanemarljiv, saj je bila satelitska slika posneta poleti 1995, aeroposnetki pa poleti 1995 in deloma poleti 1994.

Preostaja še en moteč vpliv, in sicer nekoliko različna definicija kategorij v fotointerpretacijskem ključu v primerjavi s trenažnimi podatki za klasifikacijo satelitske slike. To se pokaže v nižje ocenjeni točnosti za razreda opuščeni travniki in grmišča. Zaraščanje je v bazi CLC (kategorija 324) definirano kot grmovna vegetacija zunaj ureditvenega območja gozdov (torej raba), pa tudi pragovi za dominatno višino in sklep so strožje postavljeni (Preglednica 25, Preglednica 11, Dodatek 4).

Glavna pomanjkljivost predstavljene metode kartiranja gozda je, da je kvaliteta rezultatov precej odvisna od (1) dobrega poznavanja študijskega območja ter (2) od razpoložljivosti ažurnih velikoprostorskih trenažnih podatkov. Glede slednjega ocenjujemo, da bi pri sedanji stopnji zaraščanja baza CLC lahko služila kot trenažna podlaga do leta 2010. V primeru ponovnega kartiranja bi v veliki meri lahko uporabili obstoječi odločitveni drevesi, ki bi ju le prilagodili novejšim satelitskim podatkom. Predstavljena metoda je sicer v principu enostavna, vendar zahteva precej širok izbor programske opreme (PCI, ArcInfo, ArcView, See5, Idrisi).

Za kartiranje gozdnega roba na regionalni ravni smo uporabili posnetek satelita Landsat TM, ki je ob začetku naloge še predstavljal najboljši kompromis med ceno, kvaliteto in geografskim obsegom slike. Že po zaključku te faze naloge je bil predan v uporabo novejši Landsat ETM+, ki je v večini pogledov še boljši.

Pri izdelavi kvantitativnega prostorskega modela vizualnoestetske kvalitete krajine smo dobili zamisli od mentorja (Pogačnik 2000b), ideje pa smo črpali tudi iz obstoječih del, in sicer iz domačih (to so predvsem Pogačnik 1987, Pogačnik in sod. 1996, Marušič 1998) in iz tujih (to so predvsem USDI – BLM 2000, Herzog 1988, Palmer in Roos-Klein Lankhorst 1998).

Estetsko doživljanje krajine je odvisno od njenih fizičnih značilnosti, pri čemer pa zaradi subjektivnosti tega doživljanja ni mogoče popolno soglasje o kriterijih in torej ni objektivnega merila za vizualno privlačnost. Z analizo fizičnih lastnosti krajine pa je vendarle mogoče

odkriti nekatere pomembne vplive. Nedvomno gre sposobnost hitre obravnave zelo velikih površin, ki jo dosegamo z našo metodo, nujno na račun precejšnjega poenostavljanja vizualnoestetskih kanonov, ki so temelj strokovnim, terenskim vrednotenjem likovnokompozicijskih značilnosti krajine. Prava pot je nujno v sredini med dvema skrajnostma – kvantifikacijo in inspiracijo –, kot ugotavlja tudi Pogačnik (1986). Pričujoča naloga je mišljena zgolj kot raziskava ene od možnih skrajnosti pri obravnavi bariere, ki jo preučevanju postavlja izredna kompleksnost vizualnega doživljanja. Želeli smo doseči neko sinoptično merilo analize, ki namenoma zanemarja izolirane estetike detajlov. Skušali smo (v smislu Pogačnika 1986) zajeti kompozicije velikih razsežnosti, sinteze s krajino, velikoprostorske razporeditve, kontekste. Kljub nujnim poenostavitvam je objektiven kvantitativni model koristen pri upravljanju vidne podobe krajine in vplivov nanjo (Pogačnik 1986b).

Nerazrešen ostaja problem kompozicijskih kriterijev v postopku velikoprostorskega modeliranja v GIS-kontekstu. GIS namreč pokriva celoten vizualni kontinuum, ne pa le določenih vizur. Statično določeni likovnokompozicijski kriteriji (na primer vidni poudarki, dominante, globinska vodila, jasnost in kontrastnost kontur, robovi, izrazita kompozicija, izrazita uokvirjenost motiva) imajo lahko za iste objekte pri pogledih z različnih gledišč oziroma pri različnih izrezih povsem različno kompozicijsko vlogo. Zato smo bili prisiljeni likovnokompozicijske prvine krajinskega prostora poenostaviti na le omejen nabor kriterijev, s čimer pa smo po drugi strani pridobili možnost obravnave celote prostora.

Podobni kvantitativni in prostorski modeli lahko prispevajo k odločitvi, katere opuščene kmetijske površine dokončno prepustiti zaraščanju. Za določeno površino je namreč potrebna jasna odločitev, da se tu ne bo več kmetovalo, šele nato so možna vlaganja v razvoj gozda. Seveda pa ima taka odločitev še druge momente, predvsem biotopskega, ki pa niso predmet naše naloge. Taka jasna in prostorsko natančno opredeljena odločitev ima tudi povsem finančne posledice v okviru Kyotskega protokola, saj med legalne ponore štejejo le tiste spremembe vegetacijskega pokrova iz negozda v gozd, ki so direktno načrtovane. Seveda lahko stroka le pokaže možne prednosti in pomanjkljivosti pri raznih scenarijih, končno odločitev pa mora sprejeti družba ali politika (Pogačnik 2000).

Marušič (1998) povzema tuje izkušnje, kjer prevladujejo nizka pričakovanja glede rezultatov klasifikacije vizualnoestetske kvalitete krajin. Glavni zadržek je hitro spreminjanje krajin (kar je pravzaprav tudi glavni vzrok razvrednotenja krajin), ki mu je težko slediti. V tem smislu naša metoda daje odgovor na hitro spreminjanje krajin, saj se hitro odziva na mikroravni

(daljinsko zaznavanje zagotavlja hiter zajem novega stanja, GIS-model pa hitro oceno sprememb glede na prejšnje stanje ter valorizacijo novega stanja).

Zaraščanje je sicer mogoče zmanjševati predvsem s posrednimi ukrepi in le deloma neposredno (direktna plačila za vzdrževanje krajine – košnjo). Vseeno pa je potrebna prostorsko čim podrobnejša in hkrati (glede na razširjenost problema zaraščanja) geografsko čim obsežnejša opredelitev potencialnih površin za take ukrepe. Predstavljeni kvantitativni modeli vizualnoestetske valorizacije kulturne krajine so v tem smislu koristni, saj kontinuirano pokrivajo (negozdni) prostor in ne temeljijo na členjenju prostora na razmeroma obsežne krajinske enote v smislu Ogrina (1996) in Marušiča (1998). Marušič znotraj krajinskih enot sicer ločuje še krajinske vzorce, ki pa večinoma zvezno prehajajo eden v drugega, zato so prostorsko neopredeljeni in lahko le sintetično vplivajo na valorizacijo posamezne enote. Naj nadalje omenimo, da v kontekstu GIS Burrough in McDonell (1998) ločujeta geografske pojave na objekte (ki imajo jasne meje in jih zato prikazujemo z vektorsko določenimi poligoni) ter zvezna polja (kjer se lastnost v prostoru zvezno spreminja in jih zato prikazujemo rastrsko). Z modelom, ki deluje v okolju rastrskega GIS, je torej mogoče krajinske vzorce prikazati kontinuirano in jih tako tudi vrednotiti. Tak model torej vrednoti vsako točko v prostoru (seveda z določeno ločljivostjo in določeno točnostjo), s čimer omogoča osredotočenje na posamezne elemente krajine. Če je model dovolj relevanten, potem je mogoče prostorsko podrobnost vrednotenja krajine izboljševati z izboljševanjem ločljivosti vhodnih GIS-spremenljivk. S primerom smo pokazali uporabo modela vizualnoestetske kvalitete krajine pri izbiri prednostnih območij za varovanje sedanje podobe krajine pred zaraščanjem. Na podlagi modela je torej možno selektivno zadrževanje / reguliranje spontanih procesov zaraščanja v posebej dragocenih delih kulturne krajine, kar potrjuje našo drugo hipotezo.

Rezultati naših dveh anket so se izkazali kot neustrezen temelj za preverjanje ekspertnega modela, saj je tako nizko sovpadanje med preferencami javnosti in ocenami po ekspertnem modelu mogoče le, če so kriteriji ocenjevanja povsem različni. Dokaz za to sta Preglednica 33 in Preglednica 34, ki kažeta povsem drugačne povezave s fizičnimi kazalniki krajine, kot pa jih predpostavljamo v ekspertnem modelu (Preglednica 18, Preglednica 19). Drug dokaz je še slabše ujemanje med preferencami javnosti in rezultati vrednotenja krajine po Marušiču (1998), ki tudi temelji na strokovnih kriterijih. Marušičevo vrednotenje kaže višjo korelacijo z našim ekspertnim modelom, kar je razumljivo, saj podobno kot naš ekspertni model tudi temelji na (sicer ne povsem istih) strokovnih kriterijih. Eden od glavnih razlogov za slabo

sovpadanje med preferencami in ekspertnim modelom pa utegne biti dejstvo, da slednji upošteva širši spekter vplivov, kot pa so ga predstavile fotografije (vpliv arhitekture in antropogeni degradacijski vplivi). Brez dodatnega študija preferenc javnosti na bistveno širšem vzorcu ni mogoče oceniti, v kolikšni meri naš vzorec reprezentira mnenje javnosti. Vseeno pa si dovolimo domnevo, da naša populacija predstavlja nadpovprečno poučen del javnosti in bi bilo ujemanje naših rezultatov s preferencami najširše javnosti kvečjemu slabše. S tem se odpira tudi povsem načelno strokovno in morda tudi politično vprašanje, v kolikšni meri je treba strokovne kriterije prilagajati željam javnosti.

Predstavljeni modeli za vrednotenje vizualnoestetskega vidika kulturne krajine ne dajejo novega znanja v obliki nekih jasnih pravil, ki bi jih bilo mogoče uporabiti v smernicah za gospodarjenje in za presojo krajine, ampak le pretvarjajo obstoječe eksplicitno izraženo znanje (Pogačnik 1987, 1996, 2000b) ali implicitno izraženo znanje (Marušič 1998) v prostorski izraz oziroma karto. Glede predstavljenega statističnega modela (poglavje 11.2.4) pa je treba upoštevati dejstvo, da je bil razvit le na osnovi geografsko omejenega izseka iz Marušičevega dela in že zato ne more ponazarjati vsega znanja, ki je v njem implicitno vsebovano.

Če povzamemo: prikazana metoda vrednotenja krajine je prilagojena velikopovršinskim obravnavam in je mišljena kot pomoč za odločanje o ravnanju s površinami v zaraščanju in po drugi strani kot orodje za usmerjanje podrobnejših (strokovnih) krajinskih analiz na konkretne problematične lokacije. Zaradi računalniške podpore smo pri obravnavi zelo velikih površin omejeni le z razpoložljivostjo prostorskih podatkov in seveda geografsko omejeno veljavnostjo modela. Kljub velikoprostorski usmerjenosti je model lahko prostorsko podroben, omogoča nam, da se lahko hitreje odzivamo na procese v prostoru, posebno na zaraščanje, saj vrednotenje lahko pogosto ponavljamo. Rezultat naštetih prednosti je sposobnost pravočasnega osredotočanja le na problemska območja, ki jih nato lahko podrobneje obdelamo s klasičnimi "terenskimi" metodami.

13 ZAHVALA

Za nasvete, ideje in pomoč se zahvaljujem mentorju prof. dr. Andreju Pogačniku in somentorju prof. dr. Milanu Hočevarju, prav tako pa tudi doc. dr. Antonu Prosenu. V raznih fazah priprave naloge so mi z nasveti ali koristnimi informacijami priskočili na pomoč univ. dipl. inž. mat. Anton Kralj, doc. dr. Sašo Džeroski, prof. dr. Ivan Marušič, univ. dipl. geog. Tomaž Cunder, univ. dipl. ing. geož. Vili Kos, dr. Ivan Žonta, mag. Dušan Robič in še mnogi drugi, za kar se jim lepo zahvaljujem. Posebej se zahvaljujem univ. dipl. inž. gozd. Galu Kušarju, ki je opravil precejšen del fotointerpretacije aeroposnetkov. Zahvaljujem se tudi Gozdarskemu inštitutu Slovenije, ki je financiral moj magistrski študij in zagotovil večino potrebne programske opreme. Del magistrske naloge, ki se nanaša na razvoj metode za kartiranje gozda s pomočjo satelitske slike, se je vključeval v raziskovalni projekt Razvoj večnamenskega gozdarskega informacijskega sistema, ki je pod vodstvom prof. dr. Milana Hočevarja potekal na Gozdarskem inštitutu, financirali pa sta ga Ministrstvo za znanost in tehnologijo ter Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

14 VIRI

1. Al-garni, A. M., 1994. Remote sensing geology and expert systems. 1994 ASPRS/ACSM annual convention & exposition technical papers, Reno, Nevada, April 25-28, 1994. s. 47-59.
2. Appleton, J., 1988. Prospects and Refuges Revisited. V: Nassar J. L. (ur.): Environmental Aesthetics. Theory, Research, and Applications. Cambridge University Press, 1988. s. 27-44.
3. Belward, A. S., 1995. The IGBP – DIS global 1 km land cover project: remote sensing in action. Proc. 21th annual conf. of the Remote sensing society, Southampton, UK, s. 1099 – 1106.
4. Blakemore, M., 1984. Generalization and error in spatial databases, Cartographica 21:131-139.
5. Bodmer, H., C., 1993. Untersuchung zur forstlichen Bestandeskartierung mit Hilfe von Satellitbildern. Dissertation. Professur für Forsteinrichtung und Waldwachstum der ETH Zürich. 160 s.
6. Breiman, L., J.H. Friedman, R.A. Olshen, C.J. Stone, 1984. Classification and Regression Trees. Wadsworth, Belmont.
7. Bruzzone, L., Conese, C., Maselli, F., Roli, F., 1997. Multisource classification of complex rural areas by statistical and neural-network approaches. Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 63, no. 5, May 1997, s. 523-533.
8. Bucha, T., 1997. The Slovak MERA report. Osebna komunikacija.
9. Burrough, P. A., McDonnell, R. A., 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 1998, 333 str.
10. Cestnik, B., I. Kononenko, I. Bratko, 1987. ASSISTANT 86: A knowledge elicitation tool for sophisticated users. In: Bratko, I. and Lavrac, N., Progress in Machine Learning Wilmslow: Sigma Press), pages 31--45.
11. Chalifoux, Cavayas, Gray, 1998. Map-guided approach for the automatic detection on Landsat TM images of forest stands damaged by the spruce budworm. Photogrammetric engineering and remote sensing, 6 / 1998.
12. Chou, Y. H., 1996. Exploring Spatial Analysis in Geographic Information systems. OnWord Press. 474 s.

13. Chrisman, N., 1982. A theory of cartographic error and its measurement in digital data bases. Proceedings, Fifth International Symposium on Computer-Assisted Cartograph (Auto Carto 5), Falls Church, Virginia: ASPRS and ACSM, s. 159-168.
14. Civco, D., 1993. Artificial neural network for land-cover classification an mapping. Int. J. Geographical Information Systems, vol. 7, no. 2, 1993, s. 173-186.
15. Congalton, R., G., 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. Remote Sens. Environ. 37: 35-46 (1991).
16. Congalton, R., G., Green, K., 1993. A Practical Look at the Sources of Confusion in Error Matrix Generation. Photogrammetric engineering and remote sensing, 5 / 1993, s. 641-644.
17. Cunder T., 1998. Zaraščanje kmetijskih zemljišč v slovenskem alpskem svetu. V: Godar A. (Ur.), Sonaravni razvoj v slovenskih Aplah in sosedstvu. Mednarodni strokovni posvet: program, povzetki, vodnik. Ljubljana, Filozofska fakulteta, str. 49.
18. DeFries, R., S., Hansen M., Townshend, J., R., G., Sohlberg, R., 1998. Global land cover classification at 8 km spatial resolution: the use of training data derived from Landsat imagery in decision tree classifiers. Int. J. Remote Sensing, 1998, vol. 19, no. 16, s. 3141 – 3168.
19. Demšar, J., 2000. Python. Monitor 5/2000 (mesečnik). Infomediji. s. 126-130.
20. Dunn R., A.R. Harrison, J.C. White, 1990. Positional accuracy and measurement error in digital databases of land use: an empirical study. Int. J. Geographical Information Systems, 1990, vol. 4, no. 4, s. 385-398.
21. ESRI, 2001. Glossary of GIS terms. http://www.esri.com/library/glossary/glossary.html.
22. European Commission – PHARE program (EC), 1997. Posnetek Landsat TM 191/28, 26 julij 1995, za project CORINE Land Cover (EC PHARE).
23. European Commission (EC), 1993. CORINE land cover - technical guide. European Commission, Brussels, 1993.
24. European Union (EU), 1999. European Spatial Development Perspective (ESDP); European Union, Potsdam, 1999.
25. Evans, I. S., 1998. What do terrain statistics really mean? V: Lane, S. N., Richards K. S., 1998 (ur.). Landform monitoring, modelling and analysis. John Wiley & Sons. 455 s.
26. Eyton, J. R., 1991. Rate-of-change maps. Cartography and GIS, 18, 87-103.

27. Fenton, D. M., 1988. Dimensions of Meaning in the Perception of Natural Settings and their Relationship to Aesthetic Response. V: Nassar J. L. (ur.): Environmental Aesthetics. Theory, Research, and Applications. Cambridge University Press, 1988. s. 327-342.
28. Fenton, D. M., Reser, J. P., 1988. The assessment of landscape quality: an integrative approach. V: Nassar J. L. (ur.): Environmental Aesthetics. Theory, Research, and Applications. Cambridge University Press, 1988. s. 108-119.
29. Fister, P., 1993. Arhitekturne krajine in regije Slovenije. Ministrstvo za okolje in prostor RS. 245 s.
30. Franklin, S. E., 1987. Geomorphometric processing of digital elevation models. Computers and Geosciences, 13, 603-609.
31. Friedl, M. A., Brodley, C. E., 1997. Decision tree classification of land over from remotely sensed data. Remote Sens. Environ. 61: 399-409 (1997).
32. Friedl, M. A., Brodley, C. E., Strahler, A. h., 1999. Maximizing land cover classification accuracies prouced by decision trees at continental to global scales. IEEE transactions on geoscience and remote sensing. vol. 37, no. 2, March 1999. s. 969-977.
33. Fry, G., I. Sarlöv-Herlin. 1997. The Ecological and Amenity Functions of Woodland Edges in the Agricultural Landscape; a Basis for Design and Management. Landscape and Urban Planning 37 (1997): 45-55.
34. Fuller, R. M., Groom, G. B., Jones, A. R., 1994. The land cover map of Great brittain: an automated classification of Landsat Thematic Mapper data. Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 60, no. 5, s. 553-562.
35. Gabrovec M., 1996. Solar radiation and the diverse relief of Slovenia. Geografski zbornik XXXVI, Ljubljana, 1996, s. 47-68.
36. Gabrovec M., Kladnik D., Orožen Adamič M., Pavšek M., Perko D., Topole M., 1998. Nova regionalizacija Slovenije. V: Perko D., Orožen Adamič M., 1998. Slovenija – pokrajine in ljudje. Mladinsko knjiga. Str. 26-31.
37. Gartner, A., 1998. Problematika razmejevanja gozdnih in kmetijskih zemljišč v Bohinju. Dipl. naloga, BFG. 85 s.
38. Geodetska uprava RS (GURS), 1995. Digitalni model reliefa s horizontalno ločljivostjo 100 x 100 m.
39. Geodetska uprava RS (GURS), 1995b. Skenirana topografska karta 1:50.000, izdana 1981.

40. Gong, P., 1996. Integrated analysis of spatial data from multiple sources: using evidential reasoning and artificial neural network techniques for geological mapping. Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 62, no. 5, May 1996, s. 513-523.

41. Guzetti, F., Reichenbach, P., 1994. Toward a definition of topographic divisions for Italy. Geomorphology (Elsevier), 5, 5-20.

42. Hansen, M. C., DeFries R. S., Townshend, J. R. G., Sohlberg, R., 1999. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. Int. J. Remote Sensing, 1999.

43. Hansen, M. C., Dubayah, R., DeFries R. S., 1996. Classification trees: an alternative to traditional land cover classifiers. Int. J. Remote Sensing, 1996, vol. 17, no 5, s. 1075 – 1081.

44. Herzog, T. R., 1988. A Cognitive Analysis of Preference of Natural Settings and their Relationship to Aesthetic Response. V: Nassar J. L. (ur.): Environmental Aesthetics. Theory, Research, and Applications. Cambridge University Press, 1988. s. 343-356.

45. Hočevar, M., 1993. Daljinsko pridobivanje podatkov v gozdarstvu. Biotehniška fakulteta – oddelek za gozdarstvo, Univerza v Ljubljani. 105 s.

46. Hočevar, M., 1996. Uporaba satelitske detekcije v gozdarstvu. V: Matko, D., 1996. Uporaba vesoljskih tehnologij. Didakta. s. 280 – 301.

47. Hočevar, M., Kobler, A., Cunder, T., 2001. Prostorsko modeliranje potencialnega zaraščanja kmetijskih zemljišč v Sloveniji v GIS okolju. Neobjavljen elaborat. Gozdarski inštitut Slovenije.

48. Hočevar, M., Kobler, A., Vrščaj, B., Poljak, M., Kušar, G., 2001. CORINE karta rabe tal in pokrovnosti Slovenije – fotointerpretacija in rezultati. Zaključno poročilo. 83 s.

49. Hrček, D., 2001. Vremenski pogoji in imisije v obdobju 1995 – 2000. Predavanje na delavnici Monitoring gozdnih ekosistemov – popis zdravstvenega stanja gozdov v letu 2000. 29. 3. 2001, Gozdarski inštitut Slovenije.

50. Huang, X., 1998. The use of machine learning in remote sensing and GIS: a comparison of symbolic learning and neural networks. APRS – RTI annual conf. technical papers, 1998. s. 981-991.

51. Huang, X., Jensen, J. R., 1997. A machine-learning approach to automated knowledge-base building for remote sensing image analysis with GIS data.

Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 63, no. 10, 1997, s. 1185-1194.

52. Jeglič, D., 1996. Kmetijstvo v zavarovanih in naravovarstveno vrednih območjih. V: Maher, I., 1996 (Ur.). Kmetijstvo, ki ohranja biološko raznovrstnost. Zbornik seminarja Kmetijstvo, ki ohranja biološko raznovrstnost. Slovenski sklad za naravo. s. 97-105.
53. Jensen, J. R., 1996, Introductory digital image processing: a remote sensing perspective, 2nd Edition. Prentice-Hall.
54. Kaplan, S., 1988. Perception in Landscape: Conceptions and Misconceptions. V: Nassar J. L. (ur.): Environmental Aesthetics. Theory, Research, and Applications. Cambridge University Press, 1988. s. 45-55.
55. Kos, V., 2000. Osebna komunikacija. Geodetski zavod Slovenije.
56. Leitao, A. B., 1997. Landscape Capacity Evaluation and Visual Impacts Simulation – a GIS Approach. Proceedings 12th ESRI European User Conf. 1997, Copenhagen.
57. Lillesand, T., M., Kiefer, R., W., 1994. Remote sensing and image interpretation. 3. izdaja. John Wiley & Sons. 747 s.
58. Lothian, A. 1999. Landscape and the Philosophy od Aesthetics: is Landscape Quality Inherent in the Landscape or in the Eye of the Beholder?. Landscape and Urban Planning, 44 (1999): 177-198.
59. Marušič, I., 1988. Estetika gozda v prostoru. V Anko A. (ur.): Estetska funkcija gozda – zbornik republiškega seminarja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta VTOZD za gozdarstvo.
60. Marušič, I., 1998. Regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji – Metodološke osnove. Ministrstvo za okolje in prostor RS. 120 s.
61. Marušič, I., 1998b. Regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji – Krajine primorske regije. Ministrstvo za okolje in prostor RS. 100 s.
62. Marušič, I., 1998c. Regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji – Kraške krajine notranje Slovenije. Ministrstvo za okolje in prostor RS. 136 s.
63. Marušič, I., 1999. Zasnova prostorskega razvoja gozdnih območij. Poročilo 4. faze – končno poročilo. Inštitut za krajinsko arhitekturo, Biotehniška fakulteta, Ljubljana. 56 s.

64. McCormick N., 1999. Satellite-based forest mapping using the SILVICS software. User Manual. Space Applications Institute, Joint Research Centre, Ispra, Italy, 1999.

65. Michie, D., R. Camacho, 1994. Building symbolic representations of intuitive real-time skills from performance data. V: K. Furukawa, D.Michie, S. Muggleton (Ur.), 1994. Machine Intelligence 13. Oxford University Press, s. 385-418.

66. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP), 1998. Programm of Agricultural Policy Reform 1999-2002, Concept, Ministry of Agriculture, Forestry and Food, Ljubljana, April-Junij 1998.

67. Ministrstvo za okolje in prostor – Uprava za varstvo narave (MOP – UVN), 1998. Nacionalni program varstva okolja, Osnutek za javno obravnavo, MOP, Uprava RS za varstvo narave, Ljubljana, 1998.

68. Ministrstvo za okolje in prostor – Uprava za varstvo narave (MOP – UVN), 1999. Regijski park Snežnik – izhodišča za načrt upravljanja. Vzpostavitev modela lokalne podpore v notranjskem regijskem parku – projekt Matra. Ministrstvo za okolje in prostor – Uprava RS za varstvo narave, Nizozemsko kraljevo združenje za varstvo narave. 181 s.

69. Molenaar M., 1998. An Introduction to the Theory of Spatial Object Modelling in GIS. Taylor & Francis, 1998. 246 s.

70. Mršić, N., 1996. Biotska raznovrstnost Slovenije. V: Maher, I., (Ur.) 1996. Kmetijstvo, ki ohranja biološko raznovrstnost. Zbornik seminarja Kmetijstvo, ki ohranja biološko raznovrstnost. Slovenski sklad za naravo. s. 61-62.

71. National Aerospace Laboratory (NLR), 1997. Ortorektifikacija posnetka satelita Landsat TM, 191/28, 26 julij 1995, za projekt CORINE Land Cover Slovenia.

72. Ogrin, D., 1996. Vrednostno razvrščanje krajin. V: Mejač, Ž., 1996. Tipološka klasifikacija krajine. Zbornik mednarodnega posveta. Ministrstvo za okolje in prostor RS. s. 119-126.

73. Ogrin, D., in sod., 1986. Krajina – pojem in predstave. Vrednotenje kulturne krajine v Sloveniji. Letno poročilo za leto 1986. Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 185 str.

74. Organizacija združenih narodov (OZN), 1997. The Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change. UNEP/IUC, Ženeva.

75. Palmer, J. F., Roos-Klein Lankhorst, J., 1998. Evaluating Visible Spatial Diversity in the Landscape, Landscape and Urban Planning, 43 (1998): 65 – 78.

76. Paris, D. C., Reynolds, J. F., 1983. The Logic of Policy Enquiry. New York. Longman.
77. Perko D., M. Orožen-Adamič (ur.), 1998. Slovenija – pokrajine in ljudje. Založba Mladinska knjiga, Ljubljana, Slovenija, 1998. 735 s.
78. Pogačnik, A., 1986. Fotorobot lepe mestne panorame. FAGG, Katedra za prostorsko planiranje. 56 s.
79. Pogačnik, A., 1986b. Visual-aesthetic components in the cybernetics of urban planning. V: Smardon, R., C., Palmer, J., F., Felleman, J., P., 1986. Foundations for visual project analysis. John Wiley & Sons. s. 247-306.
80. Pogačnik, A., 1987. Prispevek k teoriji mestnega in krajinskega motiva. Katedra za prostorsko planiranje VTOZD gradbeništvo in geodezija. Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani. 132 s.
81. Pogačnik, A., 1996. Varstvo in usmerjanje oblikovne podobe slovenskih mest. MOP – Urad za prostorsko planiranje. 207 s.
82. Pogačnik, A., 2000. Urejanje prostora za tretje tisočletje. Študentska založba, Ljubljana. 178 s.
83. Pogačnik, A., 2000b. Predlogi za spremembo magistrske naloge, 18. 10. 2000. Osebna komunikacija.
84. Pogačnik, A., A. Prelovšek, 1987. Vizualno ambientalna valorizacija prostora za. Polhograjsko hribovje, Zasavsko hribovje in Ljubljansko barje. FAGG – Katedra za prostorsko planiranje. Ljubljana.
85. Pogačnik, A., M. Mlakar, I. Čerpes, K. Soss, A. Sovinc, A. Zavodnik. 1996. Spremembe v vizualnem okolju. Temeljni raziskovalni projekt - zaključno poročilo. Katedra za prostorsko planiranje, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani.
86. Quinlan, J. R., 1986. Induction of decision trees. Machine Learning 5(3): 239-266.
87. Quinlan, J. R., 1993. Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann, San Mateo CA.
88. Quinlan, J. R., 1998. C5/See5 software. http://www.rulequest.com/
89. Reuther M., Häusler T., Akgöz E., Hoffmann K., Stätter R., 1996. Waldzustandserfassung im Fichtelgebirge und Erzgebirge mit Hilfe der Fernerkundung. Forstliche Forschungberichte 160/1996, Uni. München.
90. Richards, J. A., 1993. Remote sensing digital image analysis: an introduction. 2nd edition. Springer Verlag.339 s.

91. Sancar F. 1988. Toward Theory Generation in Landscape Aesthetics. V: Nassar J. L. (ur.): Environmental Aesthetics. Theory, Research, and Applications. Cambridge University Press, 1988. s. 459-475.

92. Skidmore, A. K., Turner, B. J., Brinkhof, W., Knowles, E., 1997. Performance of a neural network: mapping forests using GIS and remotely sensed data. Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 63, no. 5, May 1997, s. 501-514.

93. Skidmore, A. K., Watford, F., Luckananurug, P., Ryan, P.J., 1996. An operational GIS expert system for mapping forest soils. May 1996. s. 501-511.

94. Slaymaker, D.M., K.M.L. Jones, C.R. Griffin, J.T. Finn, 1996. Mapping deciduous forests in Southern New England using aerial videography and hyperclustered multi-temporal Landsat TM imagery. V: J.M. Scott, T.H. Tear and F.W. Davis, 1996 (ur.). Gap Analysis: A Landscape Approach to Biodiversity Planning. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. s. 87-101. (http://bandersnatch.fnr.umass.edu/pub/Video/vidveg3.html)

95. Smith J. A., T.L. Lin, K.J. Ranson, 1980. The Lambertian assumption and Landsat data. Photogrammetric Engineering and remote Sensing, 46 (9): 1183-1189.

96. Steinitz, C., 1990. Toward a Sustainable Landscape with High Visual Preference and High Ecological Integrity: the Loop Road in Acadia National Park, USA. Landscape and Urban Planning, 19 (1990): 213-250.

97. Stoms, D. M., Bueno, M. J., Davis, F. W., Cassidy, K. M., Driese, K. L., Kagan, J. S., 1998. Map-guided classification of regional land cover with multi-temporal AVHRR data. Photogrammetric engineering and remote sensing 8 / 98.

98. Tou, J., T., Gonzalez, R., C., 1974. Pattern recognition principles. Addison-Wesley.

99. US Department of the Interior – Bureau of Land Management (USDI – BLM), 2000. Manual H-8410-1 – Visual Resource Inventory. http://www.blm.gov./narsc/VRM/8410.html

100. Varlyguin, D., R. Wright, S. J. Goetz, S. D. Prince, 2001. Advances in land cover classification for applications research: a case study from the mid-Atlantic RESAC. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) Conference Proceedings, St. Louis, MO. www.geog.umd.edu/resac.

101. Veer de, A. A., Burrough, P. A., 1978. Physiognomic Landscape Mapping in the Netherlands. Landscape Planning, 5 (1978): 45-62.

102. Vickers, Sir, G., 1965. The Art of Judgement. New York. Basic Books.
103. Vogelmann, J. E., Sohl, T., Howard, S. M., 1998. Regional characterisation of land cover using multiple sources of data. Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 64, no. 1, s. 45-57.
104. Weibel, R., 1989. Konzepte und Experimente zur Automatisierung der Reliefgeneralisierung. Geoprocessing Reihe, Universitaet Zuerich. 218 s.
105. Wilson, P. A., 1997. Rule-based clasification of water in Landat MSS images using the variance filter. Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 63, no. 5, May 1997, s. 485-491.
106. Zavod za spomeniško varstvo SRS (ZSV), 1974. Kulturni spomeniki Slovenije – Spomeniki I. kategorije, Zavod za spomeniško varstvo SRS, Ljubljana 1974.
107. Zavodnik, A., 1999. Analiza vsebinskih izhodišč za koncept prostorskega razvoja republike Slovenije v kontekstu približevanja evropski uniji. Arhitektura, atelje za arhitekturo in urbanizem d.o.o., Ljubljana. 62 s.
108. Zeff, I. S., Merry, C. J., 1993. Thematic mapper data for forest resource allocation. Photogrammetric engineering and remote sensing, 1 / 1993, s. 93-99.
109. Zube, E. H., Sell, J. L., Taylor, G., 1982. Landscape Perception: Research, Application and Theory. Landscape Planning 9 (1982): 1-33.

15 DODATKI

Dodatek 1: Program NHOR za računanje števila vidnih horizontov iz vsake točke DMR.

```
# Funkcija prebere DMR100 (v Idrisi ASCII formatu) v matriko in za vsako točko na DMR oceni povprečno
# število vidnih horizontov. Program iz DMR100 ugotovi povp. št. vidnih horizontov proti 8 stranem neba.
# Vidni horizont je definiran kot piksel na analiziranem transektu (t.j. proti S,SV,V,...,SZ)),
# ki zadošča tem pogojem: (1) viden je iz opazovališča in (2) je na grebenu, kar pomeni, da sta
# piksla pred in za njim nižja. Zaradi vpliva majhnih izboklin je pametno DMR filtrirati
# z npr. 5x5mean filtrom. Uporaba programa je taka:
#   >>> import nhor
#   >>> reload(nhor)
#   >>> nhor.delaj('dmr_fajl.rst','razgled.rst',št_kolon,_št_vrstic,offset)
# Offset je geografski doseg analize (v pikslih). Vsaj za toliko mora biti tudi študijsko
# območje razširjeno. Št_kolon in št_vrstic povesta dimenzije slikovne matrike.

def delaj(infile,outfile,kolon,vrstic,offset):

  # inicializira vhodno matriko1 velikosti kolon*vrstic
  print "...inicializiram matrike..."
  matrika1=[0]*kolon
  for i in range(kolon):
    matrika1[i]=[0]*vrstic
  # naredi še enaki matriko2 in matriko3
  matrika2=[0]*kolon
  for i in range(kolon):
    matrika2[i]=[0]*vrstic

  # bere infile, in ga zapiše v matriko1
  print "...berem vhodni fajl..."
  f1=open(infile,'r')
  for j in range(vrstic):    #zankanje skozi matriko po y
    for i in range(kolon):  #najprej pa po x
      matrika1[i][j]=int(f1.readline())  #po potrebi uporabi float() namesto int()
  f1.close()

  # Izračun ...
  print "...delam..."
  import math    #vključi trigonometrične funkcije
  visop=1.5      #visop je višina opazovalca v metrih
  offset2=int(offset/1.41) #offset v diagonalni smeri (SV, JV, JZ, SZ)
  for j in range(offset,vrstic-offset):    #zankanje skozi matriko po y (od 0+offset do vrstic-offset)
    print "...vrstica ",j
    for i in range(offset,kolon-offset):  #najprej pa po x
      alfamaxV=alfamaxZ=alfamaxS=alfamaxJ=alfamaxSV=alfamaxJV=alfamaxJZ=alfamaxSZ=-1.57
              # Inicializacija zornega kota zadnjega vidnega horizonta na -90 stopinj (navpično navzdol)
      nhorV=nhorZ=nhorS=nhorJ=nhorSV=nhorJV=nhorJZ=nhorSZ=1
              # Inicializacija števila vidnih horizontov (vsaj eden je vedno viden)
      z0=matrika1[i][j]+visop    # višina piksla, ki ga trenutno obdelujem, plus višina opazovalca
      for k in range(2,offset):    # preverjanje vidnosti pikslov proti VZHODU
        zk=matrika1[i+k][j]    # višina k-te točke v transektu
        dzk=zk-z0        # višinska razlika glede na izhodišče
        dxk=k*100        # razdalja do k-te točke (pri DMR100)
        alfakV=math.atan2(dzk,dxk)  #zorni kot do k-te višinske točke
        if alfakV>alfamaxV:    #če je vidni kot večji od prejšnjega največjega,
          alfamaxV=alfakV    #dobimo nov največji vidni kot,
          if zk>matrika1[i+k-1][j] and zk>matrika1[i+k+1][j]:  #in če je k-ti piksel na grebenu,
            nhorV=nhorV+1  #potem se poveča tudi število vidnih horizontov
      for k in range(2,offset):    # preverjanje vidnosti pikslov proti ZAHODU
        zk=matrika1[i-k][j]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*100
        alfakZ=math.atan2(dzk,dxk)
        if alfakZ>alfamaxZ:
          alfamaxZ=alfakZ
          if zk>matrika1[i-k-1][j] and zk>matrika1[i-k+1][j]:
            nhorZ=nhorZ+1
      for k in range(2,offset):    # preverjanje vidnosti pikslov proti SEVERU
        zk=matrika1[i][j-k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*100
        alfakS=math.atan2(dzk,dxk)
        if alfakS>alfamaxS:
          alfamaxS=alfakS
          if zk>matrika1[i][j-k-1] and zk>matrika1[i][j-k+1]:
```

```
          nhorS=nhorS+1
    for k in range(2,offset):    # preverjanje vidnosti pikslov proti JUGU
      zk=matrika1[i][j+k]
      dzk=zk-z0
      dxk=k*100
      alfakJ=math.atan2(dzk,dxk)
      if alfakJ>alfamaxJ:
        alfamaxJ=alfakJ
        if zk>matrika1[i][j+k-1] and zk>matrika1[i][j+k+1]:
          nhorJ=nhorJ+1
    for k in range(2,offset2):    # preverjanje vidnosti pikslov proti SEVEROVZHODU
      zk=matrika1[i+k][j-k]    # offset2 je 1.41x manjši od offset zaradi večje dimenzije
      dzk=zk-z0          # piksla v diagonalni smeri
      dxk=k*141
      alfakSV=math.atan2(dzk,dxk)
      if alfakSV>alfamaxSV:
        alfamaxSV=alfakSV
        if zk>matrika1[i+k-1][j-k+1] and zk>matrika1[i+k+1][j-k-1]:
          nhorSV=nhorSV+1
    for k in range(2,offset2):    # preverjanje vidnosti pikslov proti JUGOVZHODU
      zk=matrika1[i+k][j+k]
      dzk=zk-z0
      dxk=k*141
      alfakJV=math.atan2(dzk,dxk)
      if alfakJV>alfamaxJV:
        alfamaxJV=alfakJV
        if zk>matrika1[i+k-1][j+k-1] and zk>matrika1[i+k+1][j+k+1]:
          nhorJV=nhorJV+1
    for k in range(2,offset2):    # preverjanje vidnosti pikslov proti JUGOZAHODU
      zk=matrika1[i-k][j+k]
      dzk=zk-z0
      dxk=k*141
      alfakJZ=math.atan2(dzk,dxk)
      if alfakJZ>alfamaxJZ:
        alfamaxJZ=alfakJZ
        if zk>matrika1[i-k-1][j+k+1] and zk>matrika1[i-k+1][j+k-1]:
          nhorJZ=nhorJZ+1
    for k in range(2,offset2):    # preverjanje vidnosti pikslov proti SEVEROZAHODU
      zk=matrika1[i-k][j-k]
      dzk=zk-z0
      dxk=k*141
      alfakSZ=math.atan2(dzk,dxk)
      if alfakSZ>alfamaxSZ:
        alfamaxSZ=alfakSZ
        if zk>matrika1[i-k-1][j-k-1] and zk>matrika1[i-k+1][j-k+1]:
          nhorSZ=nhorSZ+1
    matrika2[i][j]=(nhorV+nhorZ+nhorS+nhorJ+nhorSV+nhorJV+nhorJZ+nhorSZ)/8.
          #povp. število vidnih horizontov iz opazovališča [i][j] se zapiše v izhodno matriko2
          #deljitelj ima piko, da je rezultat na koncu floating point

# Rezultate zapiše v datoteko
print "...shranjujem rezultate..."
f2=open(outfile,'w')
for j in range(vrstic):    #zankanje skozi matriko po y
  for i in range(kolon):  #najprej pa po x
    f2.write(str(matrika2[i][j])+'\n')  #\n je potreben zaradi LF
f2.close()
```

Dodatek 2: Program RAZG za računanje površine, ki jo zajema razgled iz vsake točke DMR.

```
# Funkcija prebere DMR100 (v Idrisi ASCII formatu) v matriko in za vsako točko na DMR oceni vidno
# površino (razgled). Razgled je ocena površine, vidne iz opazovališča. Definiran je
# kot vsota 8 trikotnikov med glavnimi smermi. Površina enega trikotnika
# je npr. sin(45)/2*hordistS*hordistSV. Uporaba programa je taka:
#      >>> import razg
#      >>> reload(razg)
#      >>> razg.delaj('dmr_fajl.rst','razgled.rst',št_kolon,_št_vrstic,offset)
# Offset je geografski doseg analize (v pikslih).Vsaj za toliko mora biti tudi študijsko
# območje razširjeno. Št_kolon in št_vrstic povesta dimenzije slikovne matrike.

def delaj(infile,outfile,kolon,vrstic,offset):

  # inicializira vhodno matriko1 velikosti kolon*vrstic
  print "...inicializiram matrike..."
  matrika1=[0]*kolon
  for i in range(kolon):
    matrika1[i]=[0]*vrstic
  # naredi še enaki matriko2 in matriko3
  matrika2=[0]*kolon
  for i in range(kolon):
    matrika2[i]=[0]*vrstic

  # bere infile, in ga zapiše v matriko1
  print "...berem vhodni fajl..."
  f1=open(infile,'r')
  for j in range(vrstic):    # zankanje skozi matriko po y
    for i in range(kolon):   # najprej pa po x
      matrika1[i][j]=int(f1.readline())  #po potrebi uporabi float() namesto int()
  f1.close()

  # Izračun ...
  print "...delam..."
  import math    # vključi trigonometrične funkcije
  visop=1.5      # višina opazovalca v metrih
  offset2=int(offset/1.41) #offset v diagonalni smeri (SV, JV, JZ, SZ)
  for j in range(offset,vrstic-offset):    # zankanje skozi matriko po y (od 0+offset do vrstic-offset)
    print "...vrstica ",j
    for i in range(offset,kolon-offset):  # najprej pa po x
      alfamaxV=alfamaxZ=alfamaxS=alfamaxJ=alfamaxSV=alfamaxJV=alfamaxJZ=alfamaxSZ=-1.57
          # Inicializacija zornega kota zadnjega vidnega horizonta na -90 stopinj (navpično navzdol)
      hordistV=hordistZ=hordistS=hordistJ=hordistSV=hordistJV=hordistJZ=hordistSZ=0
          # Inicializacija oddaljenosti zadnjega vidnega piksla (oz. razgled, vidnost v metrih)
      z0=matrika1[i][j]+visop    # višina piksla, ki ga trenutno obdelujem, plus višina opazovalca
      for k in range(1,offset):    # preverjanje vidnosti pikslov proti VZHODU
        zk=matrika1[i+k][j]    # višina k-te točke v transektu
        dzk=zk-z0        # višinska razlika glede na izhodišče
        dxk=k*100        # razdalja do k-te točke (pri DMR100)
        alfakV=math.atan2(dzk,dxk)  #zorni kot do k-te višinske točke
        if alfakV>alfamaxV:    #če je vidni kot večji od prejšnjega največjega,
          hordistV=hordistV+100  #se k-ti piksel še vidi in se vidnost poveča za 100m
          alfamaxV=alfakV  # in dobimo nov največji vidni kot
      for k in range(1,offset):    # preverjanje vidnosti pikslov proti ZAHODU
        zk=matrika1[i-k][j]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*100
        alfakZ=math.atan2(dzk,dxk)
        if alfakZ>alfamaxZ:
          hordistZ=hordistZ+100
          alfamaxZ=alfakZ
      for k in range(1,offset):    # preverjanje vidnosti pikslov proti SEVERU
        zk=matrika1[i][j-k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*100
        alfakS=math.atan2(dzk,dxk)
        if alfakS>alfamaxS:
          hordistS=hordistS+100
          alfamaxS=alfakS
      for k in range(1,offset):    # preverjanje vidnosti pikslov proti JUGU
        zk=matrika1[i][j+k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*100
        alfakJ=math.atan2(dzk,dxk)
        if alfakJ>alfamaxJ:
          hordistJ=hordistJ+100
          alfamaxJ=alfakJ
      for k in range(1,offset2):    # preverjanje vidnosti pikslov proti SEVEROVZHODU
        zk=matrika1[i+k][j-k]    # offset2 je 1.41x manjši od offset zaradi večje dimenzije
        dzk=zk-z0          # piksla v diagonalni smeri
```

```
        dxk=k*141
        alfakSV=math.atan2(dzk,dxk)
        if alfakSV>alfamaxSV:
          hordistSV=hordistSV+141
          alfamaxSV=alfakSV
      for k in range(1,offset2):    # preverjanje vidnosti pikslov proti JUGOVZHODU
        zk=matrika1[i+k][j+k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*141
        alfakJV=math.atan2(dzk,dxk)
        if alfakJV>alfamaxJV:
          hordistJV=hordistJV+141
          alfamaxJV=alfakJV
      for k in range(1,offset2):    # preverjanje vidnosti pikslov proti JUGOZAHODU
        zk=matrika1[i-k][j+k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*141
        alfakJZ=math.atan2(dzk,dxk)
        if alfakJZ>alfamaxJZ:
          hordistJZ=hordistJZ+141
          alfamaxJZ=alfakJZ
      for k in range(1,offset2):    # preverjanje vidnosti pikslov proti SEVEROZAHODU
        zk=matrika1[i-k][j-k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*141
        alfakSZ=math.atan2(dzk,dxk)
        if alfakSZ>alfamaxSZ:
          hordistSZ=hordistSZ+141
          alfamaxSZ=alfakSZ

matrika2[i][j]=math.sin(math.pi/4)/2*(float(hordistS)*hordistSV+hordistSV*hordistV+hordistV*hordistJV+
hordistJV*hordistJ+hordistJ*hordistJZ+hordistJZ*hordistZ+hordistZ*hordistSZ+hordistSZ*hordistS)/10000
  # površina razgleda v ha se zapiše v matriko2
  # float(hordistS) izsili floating point podatkovni tip, saj ima integer premajhen obseg vrednosti)

  #Rezultati se iz matrika2 prepišejo v izhodno datoteko
  print "...shranjujem rezultate..."
  f2=open(outfile,'w')
  for j in range(vrstic):    # zankanje skozi matriko po y
    for i in range(kolon):   # najprej pa po x
      f2.write(str(matrika2[i][j])+'\n')  # \n je potreben zaradi LF v datoteki
  f2.close()
```

Dodatek 3: Program VZKOT za računanje vertikalnega zornega kota, ki ga zavzema gozd za vsako točko DMR.

```
# Program je napisan v jeziku Python. Prebere DMR in masko gozda v IDRISI ASCII integer
# formatu v dve matriki in za vsako točko na DMR oceni povprečni vertikalni zorni kot, ki
# ga zavzema vidni (glede na relief) gozd. Povprečje računa iz transektov v 8 smereh neba.
# Uporaba:                >>> import vzkot
#                         >>> reload(vzkot)
#                         >>> vzkot.delaj('dmr','gmaska','rezultat',št_kolon,_št_vrstic,offset)
#                                 offset je geografski doseg analize (v pikslih).Vsaj za toliko mora biti
#                                 tudi študijsko območje razširjeno glede na osnovno študijsko območje;
#                                 št_kolon in št_vrstic povesta dimenzije slikovne matrike.
#
# Algoritem: za vsako točko na DMR100 ugotovi povp. vertikalni zorni kot gozda za transekte
# v 8 straneh neba. Najprej pogleda ali je naslednji piksel v analiziranem transektu viden.
# Če je viden, ali je to gozd? Če je, ali je to prvi gozdni piksel? Če je, potem je zorni
# kot do njega prvi startni zorni kot, za sedaj pa naj mu bo enak tudi prvi končni zorni kot.
# Nato dokler je gozd viden povečuje prvi končni zorni kot. Ko gozd ni več viden išče
# naslednji startni zorni kot itd, itd, dokler ne doseže maksimalnega dosega analize (offset).
# Nato sešteje vse kotne intervale v tej smeri ter izračunaj povprečje za 8 smeri. Vhodni DMR
# naj bo korigiran z dH zaradi gozda (npr +10 m za mladje in +20 m za odrasel gozd). Maska
# gozda naj ima vrednost 1, kjer je gozd, sicer 0.

def delaj(dmrinfile,maskinfile,outfile,nkolon,nvrstic,offset):

        # inicializira 2 vhodni in 1 izhodno matriko velikosti nkolon*nvrstic
        print "...inicializiram matrike..."
        matrika1=[0]*nkolon       # za DMR
        for i in range(nkolon):
                matrika1[i]=[0]*nvrstic
        matrika2=[0]*nkolon       # za g.masko
        for i in range(nkolon):
                matrika2[i]=[0]*nvrstic
        matrika3=[0]*nkolon       # za rezultat
        for i in range(nkolon):
                matrika3[i]=[0]*nvrstic

        # bere dmrinfile v matriko1 in maskinfile v matriko2
        print "...berem vhodne datoteke..."
        f1=open(dmrinfile,'r')
        for j in range(nvrstic):          # zankanje skozi matriko po y
                for i in range(nkolon):           # najprej pa po x
                        matrika1[i][j]=int(f1.readline())
        f1.close()
        f2=open(maskinfile,'r')
        for j in range(nvrstic):
                for i in range(nkolon):
                        matrika2[i][j]=int(f2.readline())
        f2.close()

        import math                       # omogoči trigonometrične funkcije

        # Spremenljivi parametri:
        visop=1.5                         # višina opazovalca v metrih
        dmrhres=100                       # horizontalna resolucija DMR v metrih

        offset2=int(offset/1.41) # offset v diagonalni smeri (SV, JV, JZ, SZ)

        print "...delam..."
        for j in range(offset,nvrstic-offset):             # zankanje skozi matriko po y
                print "...vrstica",j
                for i in range(offset,nkolon-offset):      #najprej pa po x
                                # inicializacija startnega zornega kota:
                        alfastartV=alfastartZ=alfastartS=alfastartJ
                                =alfastartSV=alfastartJV=alfastartJZ=alfastartSZ=0.
                                # Inicializacija tekočega kota vidnosti (navpično navzdol):
                        alfamaxV=alfamaxZ=alfamaxS=alfamaxJ=alfamaxSV=alfamaxJV=alfamaxJZ=alfamaxSZ=-1.57
                                # Inicializacija skupnega zornega kota v izbrani smeri:

                        alfazorV=alfazorZ=alfazorS=alfazorJ=alfazorSV=alfazorJV=alfazorJZ=alfazorSZ=0.
                        z0=matrika1[i][j]+visop  # višina piksla, ki ga trenutno obdeluje, plus
                                                 višina opazovalca
                        viden=[0]         # evidenca vidnosti pikslov v transektu; izhodiščni p. ni viden

                        for k in range(1,offset): # transekt proti VZHODU
                                zk=matrika1[i+k][j]               # višina k-te točke v transektu
                                dzk=zk-z0                         # višinska razlika glede na izhodišče
                                dxk=k*dmrhres                     # razdalja do k-te točke
```

```
        alfakV=math.atan2(dzk,dxk)         # zorni kot do k-te višinske točke
        viden=viden+[alfakV>alfamaxV]      # nova postavka v evidenci vidnosti
        if alfakV>alfamaxV:                # če je vidni kot večji od prejšnjega
                                                   največjega,je ta piksel viden
                alfamaxV=alfakV            # in dobimo novi max vidni kot
                if matrika2[i+k][j]==1:    # če je tu tudi gozd,
                        if matrika2[i+k-1][j]==0 or k==1 or viden[k-1]==0:
                                            # in če je to začetek (vidnega) gozda?
                                alfastartV = alfakV   # potem zabeleži
                                                   startni kot za ta kos gozda
                        if matrika2[i+k+1][j]==0 or k==offset or
                                (math.atan2(matrika1[i+k+1][j]-
                                z0,(k+1)*100)>alfamaxV):
                                           # konec (vidnega) gozda?
                                alfazorV=alfazorV+(alfakV-alfastartV)
                                           # potem poveča skupni zorni kot gozda
for k in range(1,offset): # transekt proti ZAHODU
        zk=matrika1[i-k][j]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*dmrhres
        alfakZ=math.atan2(dzk,dxk)
        viden=viden+[alfakZ>alfamaxZ]
        if alfakZ>alfamaxZ:
                alfamaxZ=alfakZ
                if matrika2[i-k][j]==1:
                        if matrika2[i-k+1][j]==0 or k==1 or viden[k-1]==0:
                                alfastartZ = alfakZ
                     if matrika2[i-k-1][j]==0 or k==offset or
                     (math.atan2(matrika1[i-k-1][j]-z0,(k+1)*100)>alfamaxZ):
                                alfazorZ=alfazorZ+(alfakZ-alfastartZ)
for k in range(1,offset): # transekt proti SEVERU
        zk=matrika1[i][j-k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*dmrhres
        alfakS=math.atan2(dzk,dxk)
        viden=viden+[alfakS>alfamaxS]
        if alfakS>alfamaxS:
                alfamaxS=alfakS
                if matrika2[i][j-k]==1:
                        if matrika2[i][j-k+1]==0 or k==1 or viden[k-1]==0:
                                alfastartS = alfakS
                        if matrika2[i][j-k-1]==0 or k==offset or
                              (math.atan2(matrika1[i][j-k-1]-
                               z0,(k+1)*100)>alfamaxS):
                                alfazorS=alfazorS+(alfakS-alfastartS)
for k in range(1,offset): # transekt proti JUGU
        zk=matrika1[i][j+k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*dmrhres
        alfakJ=math.atan2(dzk,dxk)
        viden=viden+[alfakJ>alfamaxJ]
        if alfakJ>alfamaxJ:
                alfamaxJ=alfakJ
                if matrika2[i][j+k]==1:
                        if matrika2[i][j+k-1]==0 or k==1 or viden[k-1]==0:
                                alfastartJ = alfakJ
                        if matrika2[i][j+k+1]==0 or k==offset or
                               (math.atan2(matrika1[i][j+k+1]-
                                z0,(k+1)*100)>alfamaxJ):
                                alfazorJ=alfazorJ+(alfakJ-alfastartJ)
for k in range(1,offset2): # transekt proti SEVEROVZHODU
        zk=matrika1[i+k][j-k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*dmrhres
        alfakSV=math.atan2(dzk,dxk)
        viden=viden+[alfakSV>alfamaxSV]
        if alfakSV>alfamaxSV:
                alfamaxSV=alfakSV
                if matrika2[i+k][j-k]==1:
                        if matrika2[i+k-1][j-k+1]==0 or k==1 or viden[k-1]==0:
                                alfastartSV = alfakSV
                        if matrika2[i+k+1][j-k-1]==0 or k==offset2 or
                               (math.atan2(matrika1[i+k+1][j-k-1]-
                                z0,(k+1)*100)>alfamaxSV):
                                alfazorSV=alfazorSV+(alfakSV-alfastartSV)
for k in range(1,offset2): # transekt proti JUGOVZHODU
        zk=matrika1[i+k][j+k]
        dzk=zk-z0
        dxk=k*dmrhres
        alfakJV=math.atan2(dzk,dxk)
        viden=viden+[alfakJV>alfamaxJV]
```

```
                        if alfakJV>alfamaxJV:
                                alfamaxJV=alfakJV
                                if matrika2[i+k][j+k]==1:
                                        if matrika2[i+k-1][j+k-1]==0 or k==1 or viden[k-1]==0:
                                                alfastartJV = alfakJV
                                        if matrika2[i+k+1][j+k+1]==0 or k==offset2 or
                                               (math.atan2(matrika1[i+k+1][j+k+1]-
                                                z0,(k+1)*100)>alfamaxJV):
                                                alfazorJV=alfazorJV+(alfakJV-alfastartJV)
                for k in range(1,offset2): # transekt proti JUGOZAHODU
                        zk=matrika1[i-k][j+k]
                        dzk=zk-z0
                        dxk=k*dmrhres
                        alfakJZ=math.atan2(dzk,dxk)
                        viden=viden+[alfakJZ>alfamaxJZ]
                        if alfakJZ>alfamaxJZ:
                                alfamaxJZ=alfakJZ
                                if matrika2[i-k][j+k]==1:
                                        if matrika2[i-k+1][j+k-1]==0 or k==1 or viden[k-1]==0:
                                                alfastartJZ = alfakJZ
                                        if matrika2[i-k-1][j+k+1]==0 or k==offset2 or
                                               (math.atan2(matrika1[i-k-1][j+k+1]-
                                                z0,(k+1)*100)>alfamaxJZ):
                                                alfazorJZ=alfazorJZ+(alfakJZ-alfastartJZ)
                for k in range(1,offset2): # transekt proti SEVEROZAHODU
                        zk=matrika1[i-k][j-k]
                        dzk=zk-z0
                        dxk=k*dmrhres
                        alfakSZ=math.atan2(dzk,dxk)
                        viden=viden+[alfakSZ>alfamaxSZ]
                        if alfakSZ>alfamaxSZ:
                                alfamaxSZ=alfakSZ
                                if matrika2[i-k][j-k]==1:
                                        if matrika2[i-k+1][j-k+1]==0 or k==1 or viden[k-1]==0:
                                                alfastartSZ = alfakSZ
                                        if matrika2[i-k-1][j-k-1]==0 or k==offset2 or
                                               (math.atan2(matrika1[i-k-1][j-k-1]-
                                                z0,(k+1)*100)>alfamaxSZ):
                                                alfazorSZ=alfazorSZ+(alfakSZ-alfastartSZ)


alfazor=(alfazorV+alfazorZ+alfazorS+alfazorJ+alfazorSV+alfazorJV+alfazorSZ+alfazorJZ)/8.
                                                        # povprečje 8 tzransektov
                matrika3[i][j]=alfazor/math.pi*180 # pretvorba iz radianov v kotne stopinje

#Rezultate zapiše v datoteko:
print "...shranjujem rezultate..."
f3=open(outfile,'w')
for j in range(nvrstic):  # zankanje skozi matriko po y
        for i in range(nkolon):   #najprej pa po x
                f3.write(str(matrika3[i][j])+'\n') #\n je potreben zaradi LF
f3.close()
```

Dodatek 4: Nomenklatura prostorske baze podatkov CORINE Land Cover

Razred		Definicija
1.	**Umetne površine**	
1.1.	**Urbane površine**	
1.1.1.	Sklenjene urbane površine	Področje večinoma prekrivajo strukture, zgradbe, ceste in umetno tlakovane površine. Nelinijsko poraščene površine ali gola zemlja so le izjema.
1.1.2.	Nesklenjene urbane površine	Področje prekrivajo strukture, zgradbe, ceste in umetno tlakovane površine v povezavi z poraščenimi površinami ali golo zemljo, ki zavzemajo nesklenjene toda vendarle pomembne površine.
1.2.	**Industrija, trgovina, transport**	
1.2.1.	Industrija, trgovina	Umetno tlakovane površine (z betonom, asfaltom, makadamom ali utrjene - npr. teptana zemlja) brez rastlinstva zavzemajo večino področja, ki vsebuje tudi stavbe in/ali poraščene površine.
1.2.2.	Cestno in železniško omrežje in pridružene površine	Ceste, železnice in pridružene površine (postaje, ploščadi, nasipi). Minimalna širina je 100 m.
1.2.3.	Pristanišča	Infrastruktura pristaniških predelov, vključno z nabrežji, doki in marinami.
1.2.4.	Letališča	Letališke naprave: vzletna steza, stavbe in pridružene površine.
1.3.	**Rudniki, odlagališča, gradbišča**	
1.3.1.	Dnevni kopi, kamnolomi	Področja z odprtimi kopi industrijskih rudnin (peskokop, kamnolom) ali drugih mineralov (dnevni kopi). Izključene so zalite gramoznice, razen pridobivanja gramoza v rečnih strugah.
1.3.2.	Odlagališča	Industrijska ali javna smetišča ali deponije jalovine.
1.3.3.	Gradbišča	Gradbeni prostor, izkopi zemlje ali kamenja, zemeljska dela.
1.4.	**Umetno ozelenjene nekmetijske površine**	
1.4.1.	Zelene mestne površine	Poraščena področja znotraj urbanih območij. Vključuje parke in poraščena pokopališča.
1.4.2.	Površine za šport in prosti čas	Kampi, površine za šport, zabavišča, igrišča za golf, dirkališča ipd. Vključuje parke, ki jih ne obkrožajo naselja.
2.	**Kmetijske površine**	
2.1.	**Njivske površine**	Redno orane obdelovalne površine, večinoma v kolobarju.
2.1.1.	Nenamakane njivske površine	Žita, stročnice, krmne rastline, korenovke in pripadajoča zemljišča. Vključuje pridelovanje rož, sadik drevja in zelenjave - na prostem in v različnih rastlinjakih. Vključuje pridelovanje aromatičnih ter zdravilnih rastlin in začimb. Izključuje stalne pašnike in travnike.
2.1.2.	Namakane njivske površine	Občasno in stalno namakani posevki. Uporabljena je stalna infrastruktura za namakanje (kanali, namakalni sistemi). Večino teh kultur ni mogoče pridelovati brez dodatnega namakanja. Ne vključuje površin s posamičnimi namakanimi površinami.
2.1.3.	Riževa polja	Površine prirejene za pridelovanje riža. Te so ravne, z namakalnimi kanali in redno poplavljane.
2.2.	**Trajni nasadi**	
2.2.1.	Vinogradi	Površine z vinsko trto.
2.2.2.	Sadovnjaki in nasadi jagodičja	Površine s sadnim drevjem ali grmi jagodičja, lahko monokulturne ali mešane. Vključuje travne površine s sadnim drevjem. Vključuje površine s kostanjem in orehi.
2.2.3.	Nasadi oljk	Površine z oljčnimi drevesi. Vključuje mešane površine oljk in vinske trte.
2.3.	**Pašniki**	
2.3.1.	Pašniki	Strnjene, pretežno s travami porasle površine, ki niso vključene v kolobar. Večinoma so za pašno rabo. Možno je strojno spravilo krme. Vključuje površine z živimi mejami.
2.4.	**Mešane kmetijske površine**	
2.4.1.	Trajni nasadi z enoletnimi posevki	Enoletni posevki (njivska ali travna raba) v združbi s trajnimi posevki na isti parceli.
2.4.2.	Kmetijske površine drobnoposestniške strukture	Površine z manjšimi parcelami z različnimi enoletnimi posevki, mešanimi s travniki/pašniki ali trajnimi nasadi.
2.4.3.	Pretežno kmetijske površine z večjimi območji naravne vegetacije	Pretežno kmetijske površine z večjimi vključki naravne krajine: gozd, grmišča, gola skala, vodne površine...
2.4.4.	Kmetijsko - gozdarske površine	Enoletni posevki ali travne/pašne površine pod gozdnim pokrovom drevesnih vrst.

Razred		Definicija
3.	**Gozd in deloma ohranjene naravne površine**	
3.1.	**Gozd**	
3.1.1.	Listnati gozd	Rastlinska združba, ki jo sestavljajo v glavnem drevesa, vključuje pa tudi grmovni sloj. Prevladujejo listnate vrste.
3.1.2.	Iglasti gozd	Rastlinska združba, ki jo sestavljajo v glavnem drevesa, vključuje pa tudi grmovni sloj. Prevladujejo iglaste vrste.
3.1.3.	Mešani gozd	Rastlinska združba, ki jo sestavljajo v glavnem drevesa, vključuje pa tudi grmovni sloj. Skupaj prevladujejo listnate in iglaste vrste.
3.2.	**Grmovno in/ali zeliščno rastlinstvo**	
3.2.1.	Naravni travniki	Nizko produktivni travniki. Pogosto ležijo na razgibanem terenu in vključujejo skalnata področja, šipek ali resje
3.2.2.	Barja in resave	Nizko sklenjeno rastlinje, prevladujejo grmovje in zeljnate rastline (resje, šipek, košeničica, negnoj ipd.)
3.2.3.	Sklerofilno rastlinstvo	Grmovno sklerofilno rastje. Vključuje makijo in garigo. Makija je sklenjeno rastlinstvo, ki ga sestavlja raznovrstno grmičevje, ki je vezana na silikatna tla v mediteranskem področju. Gariga je nesklenjeno rastlinstvo mediteranskih karbonatnih planot. Sestavljajo ga hrast prnar, jagodičnica, sivka, timijan, brškin ipd. Vključuje lahko posamezna drevesa.
3.2.4.	Grmičast gozd	Grmovno ali zeliščnato rastje s posameznimi drevesi. Lahko gre za degradacijsko fazo gozda ali zaraščanje z gozdom.
3.3.	**Neporasle površine z malo ali brez vegetacije**	
3.3.1.	Plaže, sipine in peščene ravnine	Plaže, sipine in peščena ali prodnata področja v obalnem pasu ali na kontinentu. Vključuje struge hudournikov.
3.3.2.	Gola skala	Pobočni grušč. pečine, skalovje ali kamniti izdanki.
3.3.3.	Redko porasle površine	Vključujejo stepo, tundro in redko visokogorsko rastlinje.
3.3.4.	Požarišča	Površine, ki jih je nedavno prizadel požar in so v glavnem še črne.
3.3.5.	Ledeniki in večni sneg	Površine, ki jih pokrivajo ledeniki ali večni sneg.
4.	**Močvirja**	
4.1.	**Celinska močvirja**	Negozdne površine, ki so deloma, sezonsko ali stalno zasičene z vodo. Voda lahko miruje ali se giblje.
4.1.1.	Celinska barja	Nizko ležeče površine, pozimi so navadno preplavljene. Skozi vse leto so bolj ali manj zasičene z vodo.
4.1.2.	Šotišča	Šotišča, ki jih večinoma tvori razpadel šotni mah ali drugo rastje. Šotišče je lahko izkoriščeno ali ne.
4.2.	**Obalna močvirja**	Negozdne površine, ki so glede na plimo, sezonsko ali stalno zasičene s brakično ali morsko vodo.
4.2.1.	Slana močvirja	Poraščene nizko ležeče površine, nad nivojem plime, izpostavljene poplavljanju morja. Pogosto se že zapolnjujejo in jih zarašča halofitno rastje.
4.2.2.	Soline	Aktivne ali že deloma opuščene soline. Deli slanih močvirij, ki jih izkoriščajo za pridelovanje soli z izhlapevanjem vode. Soline je mogoče jasno ločiti od okoliškega močvirja po sistemu polj in nasipov.
4.2.3.	Pas plimovanja	V splošnem neporasla področja blata, peska ali skal, ki ležijo med nivojema plime in oseke. 0 m plastnice na kartah.
5.	**Vode**	
5.1.	**Celinske vode**	
5.1.1.	Vodotoki in kanali	Naravni ali umetni vodotoki, ki služijo za odvajanje vode. Vključuje kanale.
5.1.2.	Mirujoča voda	Naravne ali umetne vodne ploskve.
5.2.	**Morje**	
5.2.1.	Obalne lagune	Neporasle ploskve slanih ali brakičnih voda, ki so ločene od morja z jeziki kopnega ali podobnimi topografskimi oblikami. Te vode so lahko na nekaterih mestih povezane z morjem skozi celo leto ali samo v občasno.
5.2.2.	Rečna ustja	Rečna ustja v območju plimovanja.
5.2.3.	Morje in ocean	Območje od najnižje točke oseke proti morju.

Dodatek 5: Podatki o uporabljenem satelitskem posnetku Landdsat TM

Scene ID	5191028009520710
Spacecraft	5
Station	Fucino
Path	191
Row	28
Complete	Y
Acq Date	26/07/95
Acq Time (GMT)	08:56:31
Sun Azimuth	12208
Sun Elevation	5151
CC UL	20%
CC UR	10%
CC LL	10%
CC LR	0%
AVG CC	10%
Center Latitude	46°01'00"N
Center Longitude	013°28'00"E
Actual/Nominal	A
UL Latitude	46°59'00"N
UL Longitude	012°36'00"E
UR Latitude	46°39'00"N
UR Longitude	014°56'00"E
LL Latitude	45°23'00"N
LL Longitude	012°02'00"E
LR Latitude	45°03'00"N
LR Longitude	014°19'00"E

Dodatek 6: Prva anketa – netransformirane ocene po anketirancih (kolone) in slikah (vrstice).

SL\ANKET	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
6C_230	3	3	2	4	4	3	3	3	3	4	4	3	3	2	4	3	2	3	3	3	4	3	4	4	3	4	4	3	3	2	4	3	4	4	3	1	3	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	2	4	4	3	3	3
50B_95	3	4	4	4	3	1	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	4	3	3	3	4	1	4	2	2	2	4	3	2	4	3	3	3	3	2	2	2	2	3	4	3	3	2	4	1	3	2	4	4	2	3	3	3	3	4	5	1
9B_350	3	2	3	5	4	2	3	3	4	4	2	4	3	3	2	4	4	3	3	2	4	3	3	4	4	3	3	2	4	3	2	3	4	4	4	2	2	4	4	3	3	4	2	3	2	3	4	2	5	4	4	3	2	4	4	4	3	2	2	3
50_65	4	5	4	4	3	4	3	3	2	3	3	2	2	2	3	4	1	2	3	2	5	4	2	3	2	4	2	4	3	4	3	3	3	2	2	4	5	1	2	3	2	2	3	4	2	2	2	4	2	3	5	2	4	2	4	3	3	3	5	2
33B_270	3	3	1	5	3	3	2	3	3	4	3	2	3	4	3	4	2	3	2	3	3	4	2	3	3	3	2	4	1	3	2	2	5	2	3	3	4	2	2	3	3	3	3	2	3	2	3	1	3	2	3	3	4	3	5	4	3	2	4	3
13B_295	4	1	4	5	5	2	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	5	4	3	4	5	5	3	3	5	2	4	4	3	4	3	4	5	4	3	2	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3	5	4	5	5	4	5	2	5	3	3	3	3	3
30_295	2	4	3	3	3	2	4	4	2	3	4	1	2	2	3	5	2	3	2	5	4	4	3	3	4	2	3	2	2	4	2	4	4	3	2	4	2	2	3	3	3	2	4	1	3	3	2	4	5	4	3	1	2	4	2	2	2	3	5	5
46B_160	3	3	5	5	4	1	1	2	3	3	3	3	3	4	4	2	3	2	4	2	3	2	3	5	3	4	2	2	2	2	4	3	3	1	3	3	3	2	1	4	4	3	3	2	4	3	4	1	1	2	4	1	3	4	3	4	4	4	5	2
10C_65	3	4	4	5	5	2	3	4	3	3	3	2	3	3	4	4	4	3	3	5	5	3	4	4	4	4	5	4	3	2	3	3	4	4	3	2	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3
4_335	3	3	5	5	5	3	3	3	4	4	3	4	4	1	5	3	4	4	3	3	2	3	4	5	5	4	4	5	4	3	5	4	4	3	4	1	3	4	3	4	4	4	3	2	4	3	3	2	5	5	4	4	1	4	3	3	3	3	2	4
26_140	4	3	5	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	5	4	2	3	3	1	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	3	5	4	4	4	1	4	4	4	3	3	3	5	3	4	3	3	5	4	5	5	4	3	3	5	4	4	4	4	4
11B_225	4	2	3	5	4	3	3	3	4	3	3	2	3	5	4	2	4	4	3	2	4	2	4	4	5	3	2	3	1	3	2	4	3	2	3	2	3	3	2	4	4	4	4	3	3	3	3	1	2	1	4	1	1	5	1	4	4	3	1	4
44B_180	3	5	2	5	5	5	3	4	4	4	2	2	3	3	4	5	4	4	4	4	4	3	3	4	5	3	4	4	4	4	2	5	3	4	3	1	2	4	4	3	4	4	5	3	4	3	4	5	5	4	4	3	4	4	4	5	4	2	3	3
46_300	2	5	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	4	3	3	5	2	1	4	3	4	4	4	5	4	2	2	3	2	5	5	3	4	4	2	4	2	3	2	2	2	3	4	3	4	2	2	3	3	3	3	2	2	3	4	3	3	5	4	3
26_220	2	4	3	4	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	1	2	3	1	4	3	3	3	3	2	1	3	3	2	2	3	4	2	3	3	2	2	2	2	5	2	3	2	3	3	2	1	1	1	2	1	3	2	4	4	3	2	2
34B_175	4	3	5	5	5	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4	2	5	4	4	2	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4	2	5	5	4	3	2	4	3	5	4	5	4	3	2	3	4	4	5	5	5	4	5	4	5	3	4	4	5	2	5
29_230	3	4	3	5	4	5	4	4	3	3	4	2	5	2	3	2	4	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	5	5	5	4	2	4	4	4	5	4	3	4	2	4	4	3	5	4	4	5	3	5	5	4	4	3	4	2	4
29_190	4	4	5	5	4	5	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	5	5	4	3	4	3	5	4	5	5	4	5	2	4	5	5	5	3	4	3	5	4	5	4	4	5	3	4	5	4	5	4	4	5	5	2	5	5	5	5	4	2	5
27B_25	4	5	3	4	5	3	2	3	5	4	4	3	4	3	5	5	2	2	4	3	2	4	2	3	5	3	2	2	5	5	3	4	5	4	4	3	2	3	3	4	4	5	3	3	3	3	5	4	3	3	3	3	4	4	4	5	3	5	5	2
55_25	3	5	3	3	3	1	1	2	2	3	2	1	3	2	3	1	1	2	3	2	3	3	4	5	4	2	3	1	2	1	3	3	4	3	2	2	3	3	1	2	3	5	1	3	1	3	4	1	2	1	2	4	1	4	1	3	4	2	4	1
22B_260	4	4	2	4	4	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	1	2	3	5	4	2	4	5	4	3	4	2	2	4	4	3	4	3	3	2	2	2	2	2	2	5	4	3	3	2	3	1	2	2	4	5	4	4	5	4	5	4	2	3
41_15	3	3	1	5	4	2	1	2	3	3	2	2	3	3	4	3	1	2	3	3	3	2	2	5	4	3	3	3	4	2	4	4	5	3	3	2	3	3	2	2	4	4	5	3	2	3	3	2	2	3	3	2	2	4	3	5	3	3	2	4
13B_140	3	1	1	5	5	3	2	4	4	4	4	2	4	1	3	1	3	3	4	2	3	2	4	4	5	4	4	3	3	2	3	4	5	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	3	2	3	3	3	3	5	3	3	2	4	3	5	2	1	2	4
10B_195	3	3	3	5	5	5	2	5	4	4	5	3	3	3	4	3	4	5	4	3	5	3	3	5	5	5	5	4	4	4	2	5	4	4	4	3	4	4	5	5	4	3	4	3	3	4	3	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	3	4	5
11B_125	4	5	3	5	5	5	4	3	5	4	5	3	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5	4	5	4	5	3	4	2	4	3	4	4	4	5	5	4	5	5	4	4	2	3	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5
41_230	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	2	3	4	5	5	5	4	5	5	4	5	3	4	4	4	4	5	4	5	3	5	3	4	3	1	4	4	3	5	5	5	5	4	3	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5	5	4	4	5	5
28B_90	4	4	3	5	4	4	3	3	3	3	4	3	2	3	4	3	2	3	3	3	2	4	3	4	4	2	2	3	3	4	3	4	5	2	3	1	3	2	2	3	4	2	3	3	1	3	4	1	3	2	3	1	1	3	3	5	3	2	5	3
46_35	4	4	3	3	4	3	3	3	2	3	2	1	3	2	3	2	1	3	3	4	3	3	2	4	1	2	2	2	2	2	4	5	3	3	2	4	4	2	3	3	2	2	3	3	2	4	3	3	5	4	2	2	1	2	2	3	3	1	3	3
50B_65	4	5	3	4	4	4	3	4	2	3	3	2	3	3	4	3	1	3	3	4	1	5	4	4	2	2	2	3	4	5	3	4	2	2	3	3	5	2	1	2	4	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	2	2	4	4	3	3	4	4	4
44_300	4	3	4	5	5	5	4	5	4	4	4	3	4	2	4	4	4	5	4	2	2	5	4	5	4	5	3	4	5	4	2	5	4	5	5	3	4	5	5	5	4	4	5	3	3	4	3	5	5	5	3	5	4	3	3	4	4	3	3	5
43_60	4	4	5	5	4	5	3	3	4	3	4	2	3	3	5	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	2	4	3	3	2	5	4	3	3	2	3	3	2	5	4	3	5	4	4	5	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	2	3	5
51_220	3	3	1	4	3	4	2	2	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	2	3	4	3	5	4	3	4	3	4	2	4	4	4	3	4	1	3	2	4	4	4	2	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	2	2	3	4	3	2	3	2
28_70	4	3	3	5	4	5	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2	3	3	2	2	4	1	4	3	3	2	2	2	4	3	4	3	2	4	5	4	3	3	3	3	3	2	2	1	4	4	3	5	3	5	3	3	2	2	3	3	3	5	3
56_325	3	5	3	5	5	4	3	3	4	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	5	4	4	3	5	3	2	3	3	5	4	5	3	5	3	5	2	4	3	3	2	5	5	4	4	2	5	3	4	3	3	5	5	5	3	5	5	4	2	5	3
49_185	2	5	1	4	4	3	2	3	3	4	2	2	3	2	3	4	3	3	3	4	4	5	2	4	3	3	2	2	3	3	3	5	5	2	3	2	2	2	2	4	3	4	4	2	3	3	3	4	3	4	5	2	2	3	3	5	3	1	3	4
17_115	4	4	4	5	5	5	3	3	4	4	3	4	3	2	3	1	4	3	4	3	3	4	3	4	4	5	4	4	4	3	5	5	5	3	3	3	2	5	5	4	4	3	2	3	3	4	3	5	5	5	5	4	3	3	5	4	4	3	2	3
19B_55	4	4	2	4	3	4	4	4	4	5	3	3	5	2	2	2	4	4	4	3	5	5	4	5	4	4	4	3	5	4	4	5	4	4	4	3	3	4	3	3	4	2	3	4	4	4	2	4	4	5	3	3	4	3	4	5	4	2	3	3
47_125	4	5	4	4	3	2	3	2	3	2	3	3	4	3	2	1	1	3	3	2	4	3	4	4	3	3	3	3	5	4	4	3	5	4	2	3	3	3	2	2	2	3	4	4	2	3	3	1	3	4	4	2	1	2	2	3	3	2	2	2
54_255	3	4	3	4	3	4	2	2	3	3	1	4	3	2	5	3	2	3	3	3	3	3	3	5	4	3	3	2	5	2	3	4	5	3	4	3	4	4	1	3	2	3	3	4	2	3	3	2	2	3	3	4	1	2	2	4	4	1	3	2
54_0	4	5	5	5	4	4	2	3	2	3	2	3	2	1	3	2	2	2	2	2	4	4	3	4	4	2	1	3	3	3	3	3	5	3	3	1	5	3	2	5	4	5	3	4	2	2	4	2	2	3	4	2	3	5	4	4	3	4	5	3
48_310	2	5	4	4	3	3	2	3	2	2	2	1	2	1	2	3	2	1	2	2	5	5	2	3	2	2	2	2	2	4	2	2	4	2	2	1	2	4	1	3	1	4	3	3	2	2	3	3	2	3	4	1	2	2	3	2	2	3	5	3
38B_120	3	5	3	3	4	4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	4	4	4	3	3	2	4	4	3	3	2	3	2	4	3	3	4	5	3	2	5	3	2	2	2	2	3	5	3	3	3	3	4	2	4	3	4	4	2	5	4	3	2	4	4
17_145	3	4	3	5	4	4	3	3	3	3	2	4	3	2	4	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	5	3	4	4	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	4	4	3	4	3	3	5	4	4	3	1	3
30_180	4	4	2	5	5	3	2	4	5	4	3	4	4	4	4	4	5	5	4	4	3	4	4	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	2	4	2	4	5	4	4	3	3	3	3	3	4	3	4	5	5	5	5	2	3	3	4	4	2	2	3
32_0	4	3	4	5	5	3	4	2	4	3	3	3	4	3	3	3	5	4	5	3	2	5	3	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	4	3	2	3	4	5	5	2	4	2	3	2	2	4	3	5	5	2	5	3	3	4	3	3	4	2	3
33B_320	2	4	1	4	3	1	1	3	2	3	2	2	3	2	2	2	2	4	3	4	3	4	3	5	3	3	2	2	4	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	1	2	2	4	4	1	2	4	4	3	2	4	3	1	3	5	3	2	3	4	2
26_10	2	4	1	3	3	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	2	4	3	3	2	4	2	2	2	1	2	1	2	3	2	3	2	2	2	1	3	2	1	2	5	1	2	2	2	4	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	4
18B_185	3	4	4	5	5	4	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	5	3	2	2	3	4	4	4	3	4	3	2	3	3	3	2	3	3	4	4	3	3	4	4	1	3	3	4	3	2	3	5	4	3	3	4	3
4_30	2	1	3	5	4	4	2	4	3	3	5	2	4	2	4	2	4	4	3	2	4	2	4	5	5	5	5	4	4	2	5	5	4	4	5	3	3	4	4	5	3	3	2	3	2	2	3	3	5	4	3	4	1	4	3	4	4	4	2	2
34B_355	3	3	1	4	4	2	3	3	3	4	5	3	3	1	3	1	2	3	3	4	3	3	4	5	3	3	4	3	5	2	3	3	3	4	4	2	3	3	1	3	3	2	3	3	2	2	3	2	4	3	3	3	1	3	2	4	3	2	1	2
23B_90	3	3	1	4	3	2	2	3	3	4	1	2	3	2	2	2	2	1	3	4	2	2	3	5	3	3	2	3	4	3	4	2	4	3	2	3	2	3	1	2	2	3	4	3	3	3	3	3	2	2	4	3	2	2	1	4	3	2	4	1
53_165	3	3	5	5	5	3	3	3	4	4	3	2	4	3	5	4	4	4	4	5	3	3	4	5	3	2	2	4	3	5	3	5	5	3	3	4	5	3	3	5	5	4	4	3	4	3	4	5	3	3	5	1	2	3	4	4	4	3	4	2
38B_195	2	4	3	4	4	1	4	5	2	3	5	1	2	3	2	3	2	4	1	5	4	5	2	3	3	2	2	2	2	4	1	4	3	3	3	3	3	1	4	5	4	3	5	1	4	4	4	4	4	3	4	1	4	4	2	4	3	3	5	4
19B_245	4	4	5	5	5	3	3	4	4	3	5	3	5	4	4	3	3	5	3	2	4	5	5	5	4	2	2	5	5	5	4	4	5	4	4	1	3	4	4	5	4	4	2	4	3	4	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	2	3
6B_170	2	5	2	4	5	2	2	4	2	4	2	3	3	3	3	4	1	5	3	4	5	3	3	4	3	2	2	4	1	4	4	3	4	3	3	1	4	2	3	4	4	4	4	3	3	2	3	1	2	3	3	2	1	3	3	5	2	4	4	4
48_335	3	4	1	5	4	1	1	4	2	2	3	2	3	3	2	2	2	4	2	2	4	5	3	5	2	1	1	2	2	2	2	2	4	2	2	1	4	2	1	3	1	3	1	3	2	2	3	1	2	2	2	1	2	3	3	3	3	4	5	1
41_295	4	3	2	5	5	2	4	4	2	3	2	3	3	4	3	3	4	4	2	5	5	5	3	5	4	2	2	1	3	4	4	3	3	3	3	2	3	2	3	2	4	4	3	4	2	3	3	2	3	3	5	4	5	4	5	5	3	3	3	4
42_180	4	3	1	5	5	3	4	4	4	2	1	2	2	5	2	5	5	5	3	3	3	5	2	3	4	3	4	2	4	3	3	5	3	4	4	2	3	3	5	4	4	3	4	3	1	5	4	2	5	5	5	4	5	5	4	4	2	5	4	5
45_300	2	2	2	4	4	3	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	3	2	3	1	3	3	4	4	4	4	1	3	3	3	3	3	2	1	3	2	2	2	3	1	2	3	3	1	2	2	2	3	3	2	3	3
17_280	3	2	3	5	5	4	4	5	4	3	4	2	3	2	4	2	4	4	4	2	3	4	4	5	5	5	5	3	4	3	2	5	4	5	4	3	4	4	5	4	3	1	2	3	2	4	3	3	5	5	5	5	2	3	3	4	4	2	2	3
11_135	3	1	2	3	4	2	4	4	3	2	4	3	3	1	1	1	3	4	2	2	2	1	4	5	3	5	5	1	1	1	5	4	4	2	4	1	2	3	2	1	2	2	3	3	1	2	3	2	4	4	3	3	1	2	3	2	2	2	3	2
52_310	3	3	3	4	3	2	1	3	3	3	3	3	4	3	2	4	2	3	3	3	3	3	4	5	3	3	2	2	2	3	3	3	5	3	3	2	3	4	2	2	2	2	4	3	3	3	3	1	2	3	4	4	2	3	5	4	3	4	5	4
56_210	3	3	3	5	5	5	5	5	5	3	3	2	4	3	3	5	3	3	3	4	3	2	4	5	5	5	5	4	2	4	4	5	5	3	4	2	3	5	5	4	3	3	4	4	3	4	3	3	5	5	5	5	4	4	5	5	4	3	3	4

Dodatek 7: Druga anketa – netransformirane ocene po anketirancih (kolone) in slikah (vrstice).

SL \ ANKET	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
17_145	2	2	3	2	4	3	2	2	3	4	4	4	3	2	4	2	3	3	3	5	3	5	3	3	3	3	3	3	4
50_65	4	1	1	1	2	1	2	4	3	1	2	3	5	1	1	1	2	1	4	1	3	1	3	3	4	2	2	1	2
38B_195	5	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1	3	5	3	2	2	4	1	2	2	1	3	1	1	4	1
44B_180	3	4	4	3	5	5	3	4	4	5	5	4	1	3	4	2	4	3	5	4	5	4	5	4	4	4	4	2	5
18B_185	4	1	3	5	4	3	3	3	5	4	5	3	4	4	3	3	2	4	4	4	4	2	4	4	2	4	5	4	3
54_0	5	1	3	3	3	2	4	4	4	3	3	3	5	2	4	2	2	3	3	3	5	2	3	3	1	4	3	3	4
53_165	5	4	5	5	4	4	5	5	5	3	4	2	4	3	2	5	1	3	4	2	4	1	3	3	2	4	2	3	4
6B_170	4	1	4	3	3	3	3	3	5	3	3	2	4	3	4	3	1	5	4	1	2	2	4	2	2	3	2	3	2
46_35	1	3	2	2	1	3	3	3	3	3	2	2	5	4	2	1	3	2	2	2	5	1	2	2	1	5	1	1	4
30_180	1	2	2	3	3	3	5	2	1	4	4	4	2	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5	5	4	3	4
23B_90	3	2	2	3	2	4	3	2	2	4	3	4	4	3	2	5	3	2	2	4	2	3	2	4	3	3	5	2	3
49_185	2	4	4	5	2	3	2	2	3	3	3	1	3	3	3	2	4	3	2	5	3	3	4	4	4	2	3	2	3
33B_270	5	4	4	5	4	4	3	5	2	2	4	4	4	3	2	4	2	2	2	4	3	3	3	3	4	2	3	4	3
17_115	2	3	4	4	2	4	5	3	3	4	2	3	2	5	4	3	5	4	3	4	2	4	5	3	5	4	4	2	3
10C_65	3	3	4	4	4	1	2	3	2	1	3	3	2	4	3	3	2	3	2	3	2	3	3	1	2	1	3	3	2
33B_320	2	3	2	1	4	3	2	5	1	1	2	5	2	1	1	2	2	1	1	5	3	2	1	2	3	2	2	2	2
42_180	3	4	5	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	4	1	1	2	2	4	1	1	3	1	2	5	1
27B_25	3	5	2	3	3	2	4	4	3	3	3	2	3	2	5	4	4	4	3	3	4	3	4	4	1	3	4	4	4
28_70	3	3	2	1	2	2	4	2	3	2	3	2	5	3	2	3	4	4	5	1	2	5	3	3	3	3	3	5	3
30_295	3	3	2	1	1	1	1	2	2	3	2	1	1	1	2	1	3	1	4	2	1	3	1	1	3	2	1	5	1
13B_295	1	5	5	2	3	1	2	2	2	2	2	4	2	4	4	3	4	4	3	3	2	4	2	1	3	2	3	2	2
32_0	2	2	2	3	2	3	4	2	1	5	3	2	3	5	4	1	5	4	5	3	4	4	1	4	5	5	4	2	5
19B_55	2	4	5	4	5	5	4	3	5	5	5	2	3	4	3	3	5	5	5	4	3	4	5	4	5	5	4	2	5
44_300	1	4	3	4	3	4	3	1	4	2	4	3	1	4	5	2	5	3	4	3	3	4	2	2	5	3	3	4	3
43_60	1	4	4	4	4	5	4	3	3	5	5	5	2	3	3	2	3	5	3	3	3	4	3	5	4	2	4	4	3
26_140	2	5	3	4	5	4	4	4	4	4	4	1	3	4	3	4	3	4	3	2	5	2	4	2	2	3	3	4	4
50B_65	5	3	1	1	2	4	2	4	4	3	3	3	5	1	5	4	1	3	2	3	1	2	2	2	1	3	1	1	2
52_310	4	2	1	2	3	2	5	5	4	4	2	4	4	3	2	2	2	2	3	5	4	5	4	5	4	4	5	3	5
41_230	2	5	3	3	3	5	1	1	3	2	4	3	2	5	4	4	4	4	3	2	2	5	3	3	4	4	4	4	3
56_325	4	2	5	2	5	4	4	4	5	4	4	2	4	4	3	3	2	2	4	3	5	2	5	5	3	4	5	5	4
48_310	4	3	1	2	1	2	2	3	2	2	1	4	3	2	1	3	1	2	2	1	1	1	1	3	2	2	1	1	1
41_295	4	2	3	5	4	2	1	1	1	1	1	5	2	2	3	4	3	1	1	1	1	3	2	2	2	1	2	5	1
19B_245	3	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	4	4	5	5	5	4	3	4	5	4	5	5	3	5
48_335	4	3	3	3	1	2	3	4	2	2	1	5	4	2	1	4	1	2	1	2	3	1	4	5	1	1	2	1	2
38B_120	3	2	3	2	3	3	3	3	4	3	1	3	1	2	2	5	3	3	1	2	4	3	2	2	2	3	2	3	2