

GDK 149.741 Ursus arctos L. : 151.5

R.b.: rjavi medved, Ursus arctos L., habitat, areal razširjenosti, model, Slovenija

ln=4229

ID=747942

E=469

Gozdarski inštitut Slovenije

Prostorski model habitata rjavega medveda v Sloveniji

Tehnični elaborat v okviru raziskovalnega projekta "Ohranjanje ogroženih vrst divjadi"

Andrej Kobler

December 2000

GOZDARSKA KNJIŽNICA

K E

469



22000002042

UNIVERZA V LJUBLJANI, GIS

COBISS 0

1 Uvod

Raziskovalni projekt "Ohranjanje ogroženih vrst divjadi", pod vodstvom prof. dr. Mihe Adamiča ter ob financiranju MZT ter MKGP, je imel raznolike raziskovalne cilje. Na Gozdarskem inštitutu sta se odvijala dva tematska sklopa – gozdne kure, ter habitat rjavega medveda v Sloveniji. Na slednjega se nanaša pričujoči elaborat.

Cilj tega dela projekta je izdelava karte potencialnega habitata rjavega medveda za celotno Slovenijo. To pomeni, da smo želeli prepoznati vsa področja, ki ustrezajo ekološki niši rjavega medveda, ne glede ali so z medvedi tudi v resnici naseljena ali ne. Ekološko nišo smo ponazorili z matematičnim modelom, ki kot vhodne podatke uporablja številne prostorsko opredeljene informacije (t.j. GIS sloje). Model ekološke niše oz. model potencialnega habitata smo izdelali s posplošitvijo zakonitosti, ki jih je mogoče razpoznati iz dejansko zabeležene prisotnosti medveda (lokacij opažanj) v povezavi z značilnostmi okolja, ki jih je mogoče kvantificirati in hkrati prostorsko opredeliti. Na ravni celotne države smo uporabili izpopolnjeno verzijo metode za prostorsko eksplicitno ugotavljanje habitata rjavega medveda, ki smo jo v prvi fazi tega projekta razvili na primeru 699.300 ha velikega študijskega območja na zahodu države (Kobler in Adamič, 2000). Izdelali smo dva (matematično izražena) modela habitata na državni ravni, na tej podlagi pa karto habitata rjavega medveda, ki prikazuje (1) območje optimalnega habitata – model 1 – ter (2) območje potencialne (maksimalne) razširjenosti v Sloveniji – model 2. Modela temeljita na obsežni bazi referenčnih podatkov, ki vključuje 7326 geolociranih terenskih opažanj iz vseh območij v Sloveniji, kjer se stalno ali občasno pojavlja medved, ter številne GIS sloje. Modela habitata smo zasnovali na predpostavki, da zabeležena prisotnost živali nakazuje njihove preference v prostoru. V največji možni meri smo iz podatkov o lokacijah opažanj izločili subjektivne vplive. Prisotnost živali smo ugotavljali s prepoznavanjem areala aktivnosti, ki bolje predstavlja prostorske preference posamezne živali ali populacije kot pa oblak lokacijskih točk. Razlog je v tem, da lokacijske točke vsebujejo tudi slučajnostne vplive in neznačilne izlete živali izven osrednjega območja aktivnosti. Zato smo izbrali areal aktivnosti kot referenčni podatek, na podlagi katerega smo v naslednji fazi izdelali model habitata. Pri tem smo upoštevali le lokacije samic (opažanja z mladiči), saj nas je zanimal "optimalni" habitat, ki ga ponazarja prav prisotnost samic z mladiči. Centre aktivnosti smo prepoznali z neparametrično metodo "porazdelitve rabe prostora" (utilization distribution, UD) po Silvermanu oz. Seamanu. UD za

poljubno raven rabe (t.j. delež rabe) ponazarja kako široko območje zaseda areal aktivnosti, zaradi česar je mogoče razviti model habitata, ki upošteva tudi verjetnost rabe. V referenčno bazo smo s slučajnostnim vzorčenjem vključili tudi negativne primere – t.j. točke, kjer medveda ni. Predpostavili smo, da je to ves prostor izven ugotovljenih arealov aktivnosti. Vpliv rabe prostora smo vključili s stratifikacijo vzorca preko baze CORINE Land Cover (European comission 1993, Kobler in sod. 1998). Za vsako raven UD smo tako izbrali enako število negativnih primerov. Celotna analiza se je odvijala v okviru rastrskega geografskega informacijskega sistem s prostorsko ločljivostjo 500x500 m. Izraz "primer" torej v tem kontekstu ustreza enemu pikslu velikosti 500x500 m. Tako dobljeno referenčno bazo smo slučajnostno razdelili na dve enako veliki množici primerov, od katerih je bila ena namenjena za kalibriranje modela, druga pa za kontrolo modela. Modela sta bila izdelana s pomočjo algoritma induktivnega učenja. Za induktivno učenje smo uporabili orodje See5 – (c) Rulequest Research 1999. Množico trenajnih podatkov so predstavljali primeri (v našem primeru piksli), od katerih je vsak spadal v določen razred in imel določene vrednosti atributov oz. vrednosti soležnih pikslov v drugih GIS slojih. Atributi so imeli tako zvezne, kot tudi diskretne vrednosti. Rezultat sta bili dve odločitveni drevesi. Z njuno ekstrapolacijo izven območja referenčnih podatkov smo klasificirali ves prostor in dobili karti habitata (optimalni habitat ter maksimalno območje razširjenosti). V fazi postklasifikacije smo izfiltrirali majhne poligone "primerne" prostora, pri čemer smo površinski prag za izločanje ugotovili preko sprememinjanja točnosti modela glede na višino praga.

2 Metoda dela in rezultati

Faze postopka:

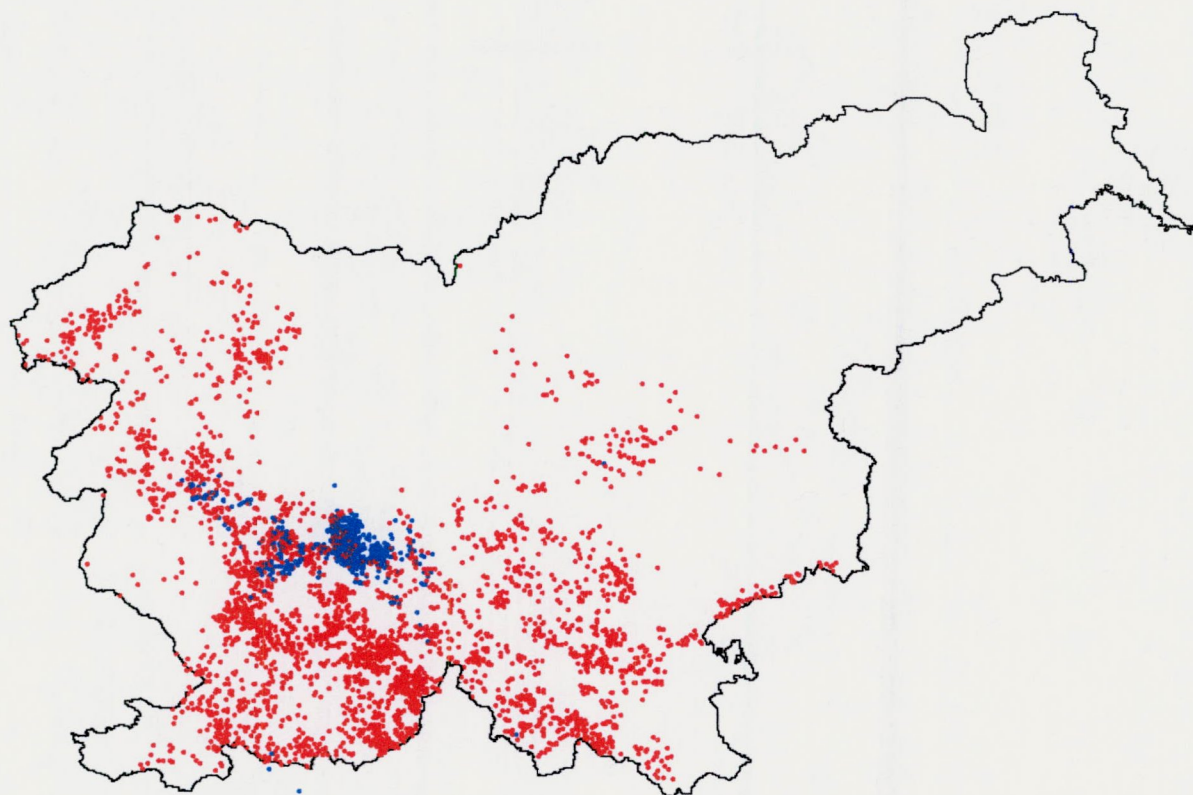
1. Zbiranje in prečiščenje lokacijskih podatkov
2. Identifikacija centrov aktivnosti oz. arealov aktivnosti
3. Zbiranje in obdelava pojasnjevalnih GIS spremenljivk
4. Definiranje modelov, izdelava kart in kontrola točnosti modelov

2.1 Zbiranje in prečiščenje lokacijskih podatkov

Podatki o opažanjih medveda na terenu izhajajo iz terenskih popisov (neposredno opazovanje, sledi, povozi, odstreli, ...) članov Lovske zveze po letu 1990 (Adamič 1999) za celotno Slovenijo (oz. območja, kjer se medved pojavlja) ter iz telemetričnih beleženj 1993 – 1995 na širšem območju Ljubljanskega vrha (Kaczensky in sod. 1995, Kobler in sod. 1997). Podatki so bili zbirani z različno intenzivnostjo in metodo, pa tudi točnost in natančnost geolociranja ni bila primerljiva. Poleg tega je bilo v podatkih mnogo napak. Zato smo pred začetkom analize veliko pozornosti posvetili čiščenju teh podatkov. To smo počeli na več načinov:

- z vizualizacijo v GIS smo izločili (oz. popravili) grobe napake, nastale pri vnosu koordinat
- na enak način smo prepoznali večkratno štetje posameznih točk
- primerjali smo koordinate točke z ledinskim imenom kraja opažanja
- pri telemetričnih točkah je šlo za izrazito časovno zgoščanje, zato smo zaradi primerljivosti upoštevali za vsak osebek le eno točko na 24 ur

Na ta način smo število točk zreducirali na 7313 točk, kii so bile dovolj kvalitetne za nadaljnjo analizo (slika 1).



Slika 1: Lokacijske točke (n=7313), prečiščene, obarvane glede na način zajema (rdeče: opažanja lovcev; modro: telemetrija)

2.2 Identifikacija centrov aktivnosti oz. arealov aktivnosti

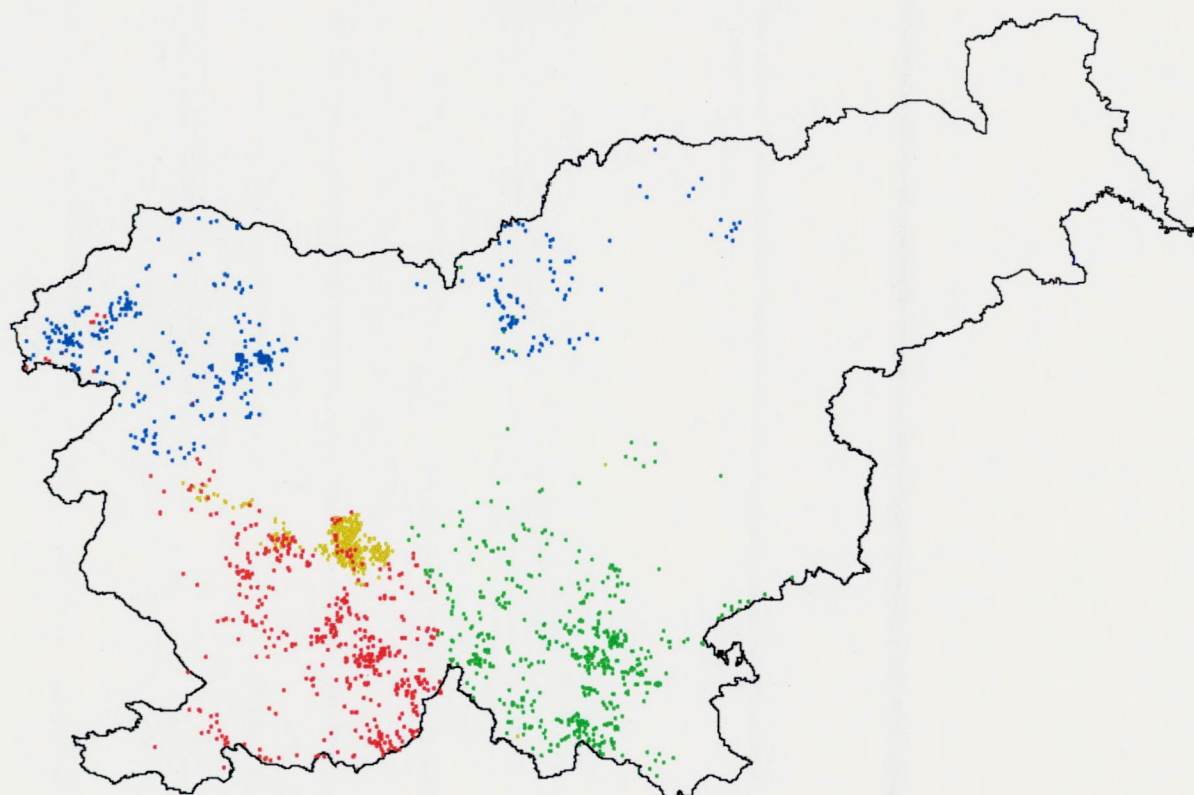
Areal aktivnosti osebkov ali populacije predstavlja tisto območje, kjer se osebek / populacija običajno zadržuje oz. giblje zaradi prehranjevanja, parjenja, skrbi za mladiče, itd. Areal aktivnosti boljše predstavlja prostorske preference posamezne živali ali populacije kot pa oblak lokacijskih točk. Razlog je v tem, ker lokacijske točke vsebujejo tudi slučajnostne vplive in neznatne izlete živali izven osrednjega območja aktivnosti. Zato smo izbrali areal aktivnosti kot tisti podatek, na podlagi katerega bomo izdelali model ekološke niše. V primerjavo z arealom aktivnosti ima pojem "porazdelitev rabe prostora" (utilization distribution, UD) ožjo definicijo (Van Vinkle 1975) – to je dvodimenzionalna relativna porazdelitev frekvence lokacijskih točk za žival (populacijo) znotraj določenega časovnega intervala. UD je torej verjetnostni model areala aktivnosti, ki opisuje relativno količino časa, ki ga žival prebije na določenem kraju (Seaman in Powell 1996). V tem okviru je mogoče definirati areal aktivnosti kot "najmanjše območje, ki vsebuje delež p celotne rabe prostora" (Jenrich in Turner 1969).

Ocenjevanje UD je lahko težavno, ker se porazdelitev rabe UD navadno ne podreja parametričnim modelom. Najpogosteje je mogoče ugotoviti številne zgoščitve (centre aktivnosti) različnih višin in širin. Razvili so že številne modele arealov aktivnosti in UD – pregled je podan v (Worton 1987). Sami smo uporabili metodo KERNELHR (Seaman in sod. 1998), ki iz množice točk v prostoru oceni njihovo gostoto oz. porazdelitev rabe (utilization distribution) prostora. Rezultat je delež rabe, podan za vsako točko na sistematični mreži (kar v kontekstu GIS ustreza rastrskemu informacijskemu sloju).

Lokacijski podatki vsebujejo poleg XY koordinat še različne druge atribute, od katerih so pomembni predvsem SPOL, OSEBEK, TIP. Na podlagi teh atributov smo namreč izbrali tiste točke, kjer so bile opažene samice ali mladiči (takih točk je bilo 2396). Ta del populacije je najbolj selektiven glede kvalitete habitata in zato najbolje definira primernost prostora za medveda. Te točke so bile v nadaljevanju podatkovna osnova za modeliranje habitata. Ker so bile lokacijske točke zbirane v različnih predelih z različno intenzivnostjo, smo morali tvoriti več ločenih skupin točk kot vhodni podatek za fazo identifikacije centrov aktivnosti. Te skupine točk so (gl. tudi sliko 2):

1. Snežniško-Javorniško pogorje, Hrušica, Trnovski gozd, Menišija. Točke izvirajo iz opažanj lovcev.
2. Kočevska, Dolenjska, Gorjanci, Posavje. Opažanja lovcev.
3. Ljubljanski vrh. Telemetrično zbrane točke, poseben stratum zaradi časovno in prostorsko zelo zgoščenega zbiranja.
4. Hkrati pa se je izkazalo, da za točke iz alpskega prostora večinoma ni podatka o spolu opažene živali, zato ta predel v izboru točk skoraj ni bil zastopan. Odločili smo se, da za ta del tvorimo posebno skupino, ki vsebuje vse točke ne glede na spol opažene živali:
5. Predalpski prostor, Julijske in Kamiške Alpe, Karavanke, Pohorje. Opažanja lovcev.

Kot bo razvidno v nadaljevanju smo različno intenzivnost vzorčenja po regijah kompenzirali z različnim ponderiranjem teh področij in tako vseeno dosegli prostorsko uravnotežen vzorec centrov aktivnosti.



Slika 2: Izbor 2396 točk za identifikacijo arealov aktivnosti. Točke so obarvane glede na skupino, znotraj katere se areale aktivnosti ločeno ugotavlja (1. skupina rdeče, 2. zeleno, 3. rumeno in 4. modro).

Želeli smo izdelati dva modela, prostorsko ožjega, ki naj bi zajel le optimalni habitat, ter prostorsko širšega, ki naj bi ponazoril potencialno maksimalno območje razširjenosti medveda. Za ta namen smo uporabili program KERNELHR (Seaman in sod. 1998), ki iz množice točk v prostoru oceni njihovo gostoto oz. porazdelitev rabe (utilization distribution) prostora. Rezultat programa je delež rabe, podan za vsako točko na sistematični mreži (kar v kontekstu GIS ustreza rastrskemu informacijskemu sloju) – gl. pregl.1. Kot osnovo smo potrebovali dve določitvi arealov aktivnosti – ožjega in širšega. Varirali smo torej raven UD (pregl. 2 in 3) in sicer ločeno za vsak stratum, tako da je bilo vedno doseženo razmerje površin arealov v posamezni regiji glede na ekspertno presojo dr. M. Adamiča. Po tej presoji je po Adamiču je cca. 60% medvedje populacije na Kočevskem, 30% v območju med Snežnikom in Trnovskim gozdom, 10% pa v Alpah in predalpskem svetu. Tako smo dobili dve karti arealov aktivnosti (slika 3) – ožji areal zajema 1666 pikslov v rastrski GIS bazi z ločljivostjo 500 x 500 m, širši areal pa 4137 pikslov.

Preglednica 1: Vhodno/izhodni parametri KERNELHR:

ID	Area (F)	Vol (F)	Area (A)	Vol (A)	HRatio	Obs	GridWidth	N[X]	N[Y]	Method	h[X]	h[Y]	LSCV score
HR1	1191,750	1,000	1668,500	1,000	0,1252	563	500	207	227	ABSOL	2000	2000	0,000
HR2	1196,000	1,000	1708,500	1,001	0,1569	662	500	195	244	ABSOL	2000	2000	0,000
HR3	184,000	1,000	251,750	1,000	0,3728	701	500	210	146	ABSOL	2000	2000	0,000
HR4	1093,500	1,000	1589,500	1,000	0,0841	470	500	333	163	ABSOL	2000	2000	0,000

Area estimates in: km²

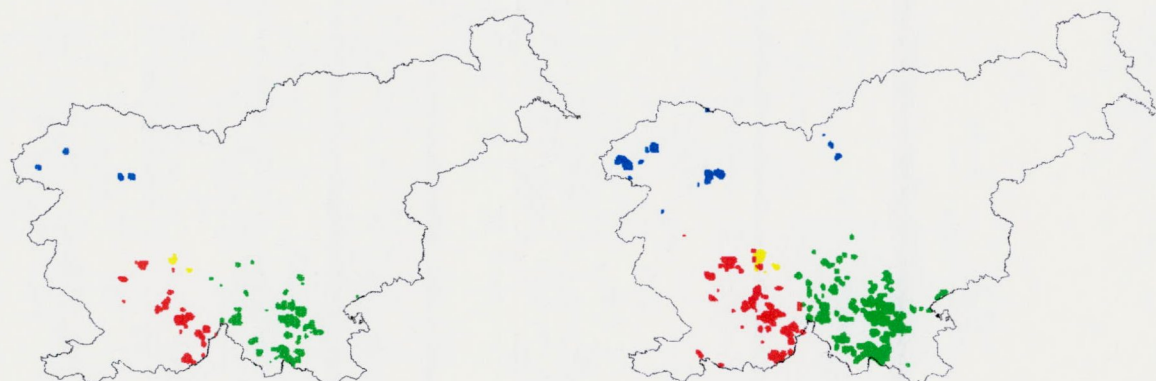
KERNELHR version: 4.28

Preglednica 2: Izbrane ravni UD za ožji areal aktivnosti ter površine arealov po stratumih:

HR	Zajet % UDP	km ²	P %
1	35	129	30
2	55	264	62
3	25	14	3
4	15	22	5
Skupaj		429	100

Preglednica 3: Izbrane ravni UD za širši areal aktivnosti ter površine arealov po stratumih:

HR	Zajet % UDP	km ²	P %
1	55	293	27
2	80	657	61
3	45	34	3
4	35	101	9
Skupaj		1084	100



Slika 3: Ožji (levo) in širši (desno) areal aktivnosti, obarvana glede na stratum točk opažanja medveda

Za kalibracijo modela pa smo potrebovali tudi primere prostora, ki je neprimeren za medveda. V referenčno bazo smo s slučajnostnim vzorčenjem zato vključili tudi negativne primere – t.j. točke, kjer medveda ni. Predpostavili smo, da je to ves prostor izven ugotovljenih arealov aktivnosti. Vpliv rabe prostora smo vključili s stratifikacijo vzorca preko baze CORINE Land Cover (CLC). 44 kategorij CLC smo agregirali v 4 makrokategorije, ki so relevantne za

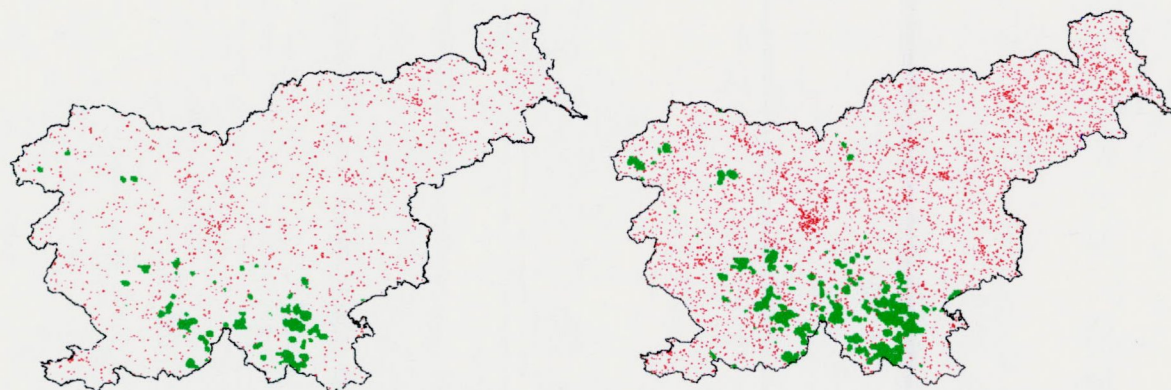
primernost prostora za medveda (način agregacije in velikost vzorca – t.j. število pikslov v GIS bazi – gl. preglednici 4 in 5 ter sliko 4). Znotraj vsake makrokategorije je približno enako število negativnih primerov, njihova vsota pa približno ustreza številu pozitivnih primerov v vzorcu (t.j. velikosti areala aktivnosti).

Preglednica 4: Struktura vzorca negativnih primerov za ožji areal

Makrokategorija	Raba tal	CLC razredi	Pikslov
1	Gozd	31x, 322, 324	420
2	Naravni negozd	243, 321, 323, 33x, 4xx, 5xx	419
3	Kmetijstvo	211 - 242	418
4	Umetno	1xx	417
Skupaj			1674

Preglednica 5: Struktura vzorca negativnih primerov za širši areal

Makrokategorija	Raba tal	CLC razredi	Pikslov
1	Gozd	31x, 322, 324	1121
2	Naravni negozd	243, 321, 323, 33x, 4xx, 5xx	1056
3	Kmetijstvo	211 - 242	997
4	Umetno	1xx	1044
Skupaj			4218



Slika 4: Referenčna baza za optimalni model (levo) in potencialni model (desno). Pozitivni primeri so zelene barve, negativni so rdeči.

2.3 Zbiranje in obdelava pojasnjevalnih GIS spremenljivk

Zasnovali smo rastrski geografski informacijski sistem, ki je služil kot skladišče podatkov ter kot okolje za pretvorbo podatkov (npr. iz vektorske v rastrsko obliko) in za preračunavanje izpeljanih spremenljivk iz osnovnih podatkov. V GIS smo vključili osnovne oz. izračunane GIS sloje s pojasnjevalnimi spremenljivkami, kot jih kaže pregl. 6.

Pregl. 6: Pojasnjevalne spremenljivke oz. vhodni GIS sloji:

Vsebina	Vir podatka
Prevladujoča raba v okoliškem km ²	Lasten izračun na podlagi baze CLC*
Delež gozda v okoliškem km ²	Lasten izračun na podlagi baze CLC
Delež naravnega negozda v okoliškem km ²	Lasten izračun na podlagi baze CLC
Delež kmetijstva v okoliškem km ²	Lasten izračun na podlagi baze CLC
Delež nerodovitnega v okoliškem km ²	Lasten izračun na podlagi baze CLC
Vplivne cone gozda – ekvidistančni pasovi glede na gozdni rob (navzven in navznoter)	Lasten izračun na podlagi baze CLC
Delež iglavcev v lesni zalogi	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež tesnega sklepa v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež normalnega sklepa v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež rahlega sklepa v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež vrzelastega sklepa v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež pretrganega sklepa v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež mladovja v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež drogovnjaka 1 v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež drogovnjaka 2 v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež debeljaka v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež pomlajenca v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež prebiralnega gozda v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež panjevca v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež opuščene panjevca v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež steljnika v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež grmovja v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Površinski delež ruševja v gozdnogospodarskem oddelku	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
1. indeks zaraščanja 1975 - 1995: delež nekdanjih kmetijskih površin, ki so danes gozd, računani v okoliškem 1 km ²	Lasten izračun na podlagi baze CLC
2. indeks zaraščanja 1975 - 1995: delež nekdanjih kmetijskih površin, ki so danes gozd, računani v okoliškem 12 km ²	Lasten izračun na podlagi baze CLC
Gostota prebivalstva 1981 v upravni občini	Urbanistični inštitut RS
Gostota prebivalstva 1991 v upravni občini	Urbanistični inštitut RS
Indeks rasti prebivalstva 1991 / 1981, računani na ravni upravne občine	Urbanistični inštitut RS
Površina ožje gozdne matice (kontinuiranega gozdnega kompleksa, definirane kot notranje gozdno okolje, oddaljeno vsaj 1 km od gozdnega roba)	Lasten izračun na podlagi baze CLC
Površina širše gozdne matice (kontinuiranega gozdnega kompleksa, definirane kot notranje gozdno okolje, oddaljeno vsaj 500m od gozdnega roba)	Lasten izračun na podlagi baze CLC
Oddaljenost od večjih naselij (t.j. P > 5 ha)	Lasten izračun na osnovi karte naselij GURS
Nadmorska višina (povprečje za 500x500 m)	Digitalni model reliefa 100x100 m, GURS
Hektarska lesna zaloga gozda	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Prevladujoča drevesna vrsta (po površini v gozdnogospodarskem oddelku)	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Prevladujoča gozdna združba (po površini v gozdnogospodarskem oddelku)	Popis gozdov 1997 Zavoda za gozdove RS
Naravno-geografska makroregija	Perko in sod., 1998
Naravno-geografska mezoregija	Perko in sod., 1998

*CORINE Land Cover Slovenia

Poglavitni podatki za izračun izpeljanih spremenljivk so bili torej:

- CORINE Land Cover (CLC) baza podatkov, ki prikazuje 44 kategorij rabe tal / pokrovnosti, in je bila pridobljena s fotointerpretacijo slik satelita Landsat TM ter dodatnih aeroslik. Za namen te študije smo 44 kategorij agregirali v 4 splošnejše kategorije, ki so najbolj relevantne za proučevanje primernosti habitata rjavega

medveda. Iz CLC baze pa smo pridobili tudi nekatere druge attribute, kot npr. velikost gozdne zaplate, oddaljenost vsakega piksla od najbližjega gozdnega roba, delež posameznih kategorij pokrovnosti. S temi atributi smo na želeli v modelu upoštevati tudi vpliv okolice na gibanje osebkov.

- Digitalni model reliefa z ločljivostjo 100 x 100 m (GURS), iz katerega smo izpeljali razne derivate, ki opisujejo relief.
- Različni atributi baze podatkov Popisa gozdov (Zavod za gozdove, MKGP) in sicer na ravni gozdonogospodarskih oddelkov, vključujoč lesno zalogo, dominantno drevesno vrsto, dominantno gozdno združbo, sklep krošenj ter razvojno stopnjo sestojev.
- Karta naselij 1:50.000 (GURS), iz katere smo za vsak piksel izračunali oddaljenost do najbližjega naselja. Vpliv naselij z številnejšim prebivalstvom smo upoštevali tako, da smo upoštevali le naselja, katerih površina presega prag 5 ha.

2.4 Definiranje modelov, izdelava kart in kontrola točnosti modelov

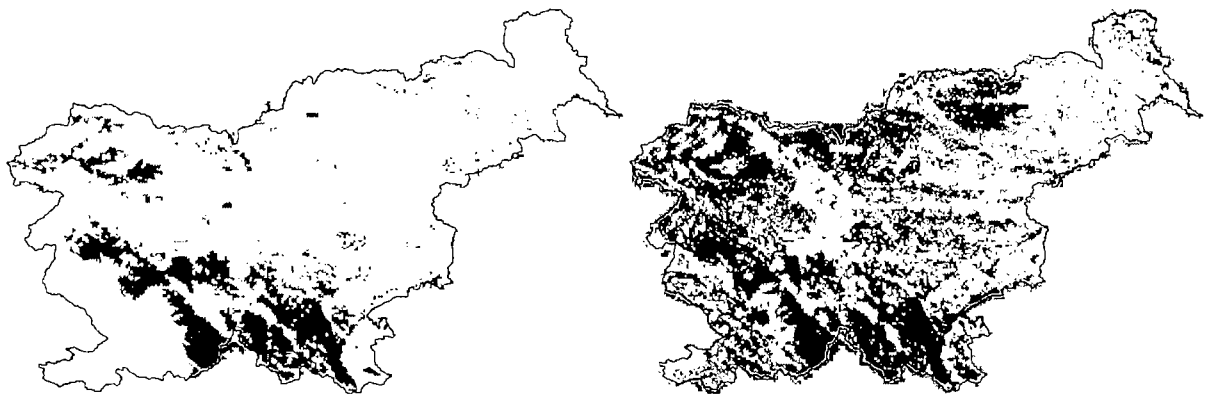
Oba trenažna vzorca, ki prikazujeta prisotnost / odsotnost živali pri določeni ravni rabe prostora smo primerjali z vrednostmi pojasnjevalnih spremenljivk. Pri tem smo za gradnjo modela uporabili orodje SEE5 (Rulequest research 1999). Gre za algoritem induktivnega učenja, ki na podlagi trenažnih primerov (zapisov, ki vsebujejo vrednosti pojasnjevalnih spremenljivk ter znano vrednost ciljne spremenljivke) generira odločitveno drevo za klasifikacijo množice neznanih primerov. Odločitveno drevo je torej tvorilo del ekspertnega sistema za klasifikacijo prostora na medvedu primerne oz. neprimerne površine. Z spreminjanjem nekaterih parametrov programa je mogoče poiskati sprejemljiv kompromis med točnostjo in kompleksnostjo modela. Kot najbolj optimalni smo izbrali odločitveni drevesi v pregl. 7 in 8. Rezultate obeh modelov v prostoru prikazuje slika 5.

Preglednica 7: Odločitveno drevo za model optimalnega habitata

```
P_ŠIRŠE_GOZDNE_MATICE > 175 km2:
: ...MAKROREGIJA="Alpski svet"
: : ...GOSTOTA_PREBIVALSTVA_1991 > 39 preb/km2: Neprimerno
: : : GOSTOTA_PREBIVALSTVA_1991 <= 39 preb/km2:
: : : : ...PROC_GOZDA <= 80 %: Neprimerno
: : : : : PROC_GOZDA > 80 %: Primerno
: : : MAKROREGIJA="Ostalo": Primerno
P_ŠIRŠE_GOZDNE_MATICE <= 175 km2:
: ...PROC_GOZDA <= 60 %:
: : ...G_ZDRUŽBA={QUERCO ROBORI - CARPINETUM, CARICI ELATAE - ALNETUM GLUTINOSAE, CARICI
BRIZOIDI -ALNETUM GLUTINOSAE, ALNETUM GLUTINOSO-INCANA, ALNETUM INCANA, SALICI
- POPULETUM, SALICETUM GR., QUERCO - CARPINETUM VAR. HACQUETIA, QUERCO -
CARPINETUM VAR. LUZULA, ORNITHOGALO PYRENAICI-CARPINETUM, LATHYRO - QUERCETUM,
CARICI UMBROSAE-QUERCETUM PETRAEAE, SESLERIO AUTUMNALIS-QUERCETUM PETRAEAE,
LUZULO - QUERCETUM, MELAMPYRO VULGATI - QUERCETUM, FAGETUM SUBMONTANUM VAR.
SESLERIA AUTUMNALIS, SESLERIO - FAGETUM, HACQUETIO - FAGETUM, FAGETUM SUBMONTANUM
SUBMEDITERRANEUM, FAGETUM SUBMONTANUM PRAEALPINUM, ENNEAPHYLLO - FAGETUM, ORVALO
- FAGETUM, ANEMONE - FAGETUM, LAMIO ORVALAE-FAGETUM PRAEALPINUM, SAVENSI -
FAGETUM, CORYDALO OCHROLEUCAE-FAGETUM, OSTRYO - FAGETUM, CARICI ALBAE - FAGETUM,
CALAMAGROSTIDO VARIAE - FAGETUM, ARUNCO - FAGETUM, ISOPRYO - FAGETUM, ACERI -
FAGETUM, QUERCO - FAGETUM, QUERCO - FAGETUM VAR. LUZULA, QUERCO-LUZULO FAGETUM,
LUZULO - FAGETUM, FESTUCO DRYMEIAE - FAGETUM, POLYGONATO VERTICILLATI-LUZULO-
FAGETUM, QUERCO-LUZULO-FAGETUM, BLECHNO - FAGETUM, DESCHAMPSIO - FAGETUM, ABIETI
- FAGETUM DINARICUM, ABIETI - FAGETUM PRAEPALPINO-DINARICUM, ABIETI-FAGETUM
PRAEALPINUM, NECKERO - ABIETETUM, CLEMATIDO-ABIETETUM, LYCOPODIO - ABIETETUM,
LUZULO - ABIETETUM, DRYOPTERIDO - ABIETETUM, BAZZANIO- ABIETETUM, CARICI ALBAE-
PICEETUM, APOSERI - PICEETUM, ADENOSTYLO GLABRAE-PICEETUM, CALAMAGROSTIDO
VILLOSAE- PICEETUM, LUZULO ALBIDAE-PICEETUM, BAZZANIO- PICEETUM, SPHAGNO -
PICEETUM, HOMOGYNO- PICEETUM, LUZULO SYLVATICAE-PICEETUM, DESCHAMPSIO-PICEETUM,
GENISTO - PINETUM, PINETUM SUBILLYRICUM, ORNO - PINETUM, VACCINIO-VITIS IDEAE-
PINETUM, MYRTILLO-PINETUM, TILIO- ACERETUM, ULMO - ACERETUM, ACERI - FRAXINETUM,
CARICI REMOTAE - FRAXINETUM, QUERCO - OSTRYETUM, OSTRYO - FRAXINETUM ORNI,
CYTISANTHO - OSTRYETUM, SESLERIO - OSTRYETUM, RHODODENDRO - RHODOTHAMNETUM,
PINETUM MUGHI}: Neprimerno
G_ZDRUŽBA={ADENOSTYLO - FAGETUM, FAGETUM SUBALPINUM}: Primerno
PROC_GOZDA > 60 %:
G_ZDRUŽBA={QUERCO ROBORI - CARPINETUM, CARICI ELATAE - ALNETUM GLUTINOSAE, CARICI
BRIZOIDI -ALNETUM GLUTINOSAE, ALNETUM GLUTINOSO-INCANA, ALNETUM INCANA, SALICI
- POPULETUM, SALICETUM GR., QUERCO - CARPINETUM VAR. HACQUETIA, QUERCO -
CARPINETUM VAR. LUZULA, ORNITHOGALO PYRENAICI-CARPINETUM, LATHYRO - QUERCETUM,
CARICI UMBROSAE-QUERCETUM PETRAEAE, SESLERIO AUTUMNALIS-QUERCETUM PETRAEAE,
LUZULO - QUERCETUM, FAGETUM SUBMONTANUM VAR. SESLERIA AUTUMNALIS, SESLERIO -
FAGETUM, HACQUETIO - FAGETUM, FAGETUM SUBMONTANUM SUBMEDITERRANEUM, FAGETUM
SUBMONTANUM PRAEALPINUM, ENNEAPHYLLO - FAGETUM, ORVALO - FAGETUM, ANEMONE -
FAGETUM, LAMIO ORVALAE-FAGETUM PRAEALPINUM, SAVENSI - FAGETUM, CORYDALO
OCHROLEUCAE-FAGETUM, OSTRYO - FAGETUM, CARICI ALBAE - FAGETUM, CALAMAGROSTIDO
VARIAE - FAGETUM, ARUNCO - FAGETUM, ISOPRYO - FAGETUM, ACERI - FAGETUM, QUERCO -
FAGETUM VAR. LUZULA, QUERCO-LUZULO FAGETUM, LUZULO - FAGETUM, FESTUCO DRYMEIAE -
FAGETUM, POLYGONATO VERTICILLATI-LUZULO-FAGETUM, QUERCO-LUZULO-FAGETUM, BLECHNO -
FAGETUM, DESCHAMPSIO - FAGETUM, ABIETI - FAGETUM PRAEPALPINO-DINARICUM, ABIETI-
FAGETUM PRAEALPINUM, NECKERO - ABIETETUM, CLEMATIDO-ABIETETUM, LYCOPODIO -
ABIETETUM, LUZULO - ABIETETUM, DRYOPTERIDO - ABIETETUM, BAZZANIO- ABIETETUM,
CARICI ALBAE-PICEETUM, APOSERI - PICEETUM, ADENOSTYLO GLABRAE-PICEETUM,
CALAMAGROSTIDO VILLOSAE- PICEETUM, LUZULO ALBIDAE-PICEETUM, BAZZANIO- PICEETUM,
SPHAGNO - PICEETUM, HOMOGYNO- PICEETUM, LUZULO SYLVATICAE-PICEETUM, DESCHAMPSIO-
PICEETUM, GENISTO - PINETUM, PINETUM SUBILLYRICUM, ORNO - PINETUM, VACCINIO-VITIS
IDAE-PINETUM, MYRTILLO-PINETUM, TILIO- ACERETUM, ULMO - ACERETUM, ACERI -
FRAXINETUM, CARICI REMOTAE - FRAXINETUM, QUERCO - OSTRYETUM, OSTRYO - FRAXINETUM
ORNI, CYTISANTHO - OSTRYETUM, SESLERIO - OSTRYETUM, RHODODENDRO - RHODOTHAMNETUM,
PINETUM MUGHI}: Neprimerno
G_ZDRUŽBA={MELAMPYRO VULGATI - QUERCETUM, ADENOSTYLO - FAGETUM, FAGETUM SUBALPINUM,
QUERCO - FAGETUM, ABIETI - FAGETUM DINARICUM}: Primerno
```

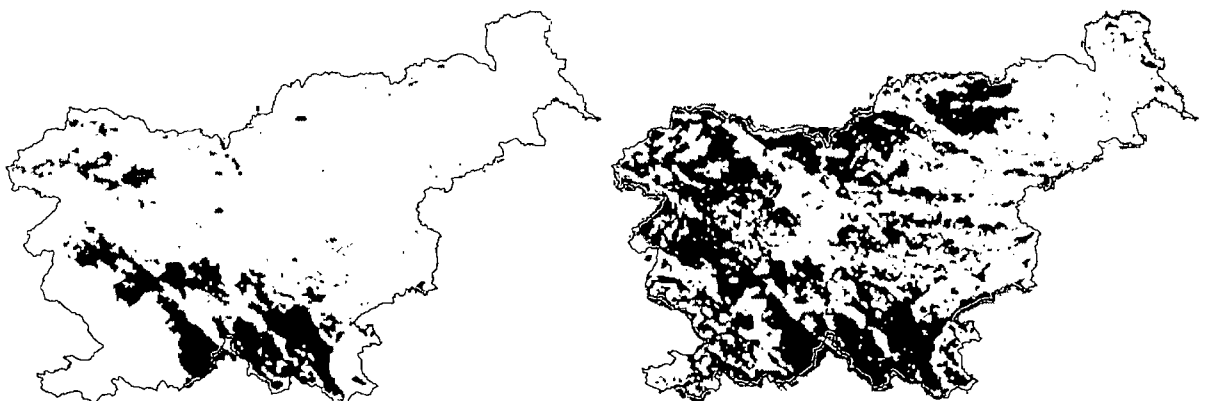
Preglednica 8: Odločitveno drevo za model potencialnega območja razširjenosti

```
PREVLADUJOČA_RABA = "Ostalo": Neprimerno
PREVLADUJOČA_RABA = "Gozd":
: ...PROC_GOZDA <= 60 %: Neprimerno
: : PROC_GOZDA > 60 %:
: : : ...ODDALJ_OD_NASELIJ <= 1,5 km: Neprimerno
: : : : ODDALJ_OD_NASELIJ > 1,5 km: Primerno
```



Slika 5: Prikaz rezultata odločitvenega drevesa za optimalni habitat (levo) in odločitvenega drevesa za potencialno območje razširjenosti (desno).

Glede na ekspertno oceno sta oba modela še vedno vsebovala precej šuma, ki smo ga skušali deloma odpraviti s prostorsko generalizacijo, kar smo v prvem koraku dosegli z rastrskim kernel filtrom z matriko 3x3 ter modus operatorjem (slika 6).

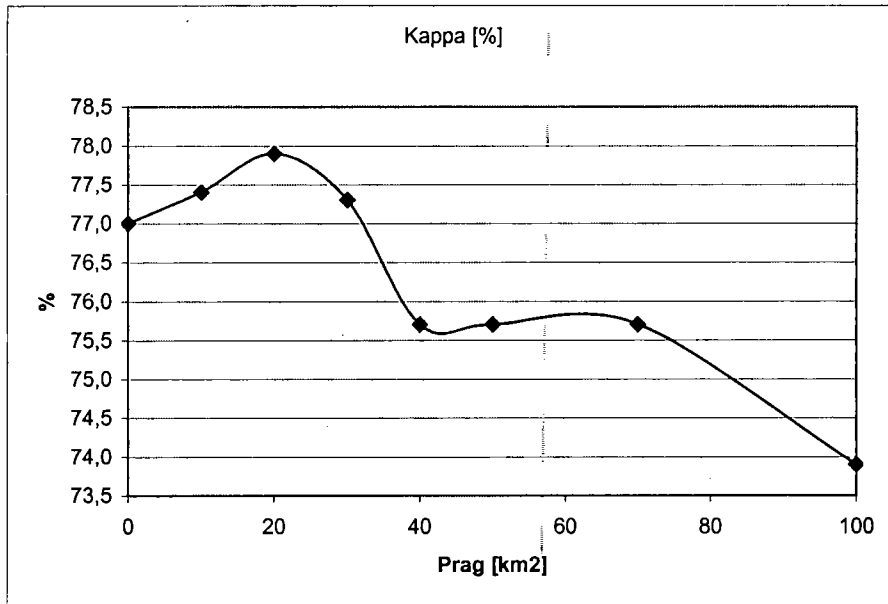


Slika 6: Rezultat generalizacije z kernel filtrom z matriko 3x3 ter modus operatorjem - za optimalni habitat (levo) in za potencialno območje razširjenosti (desno).

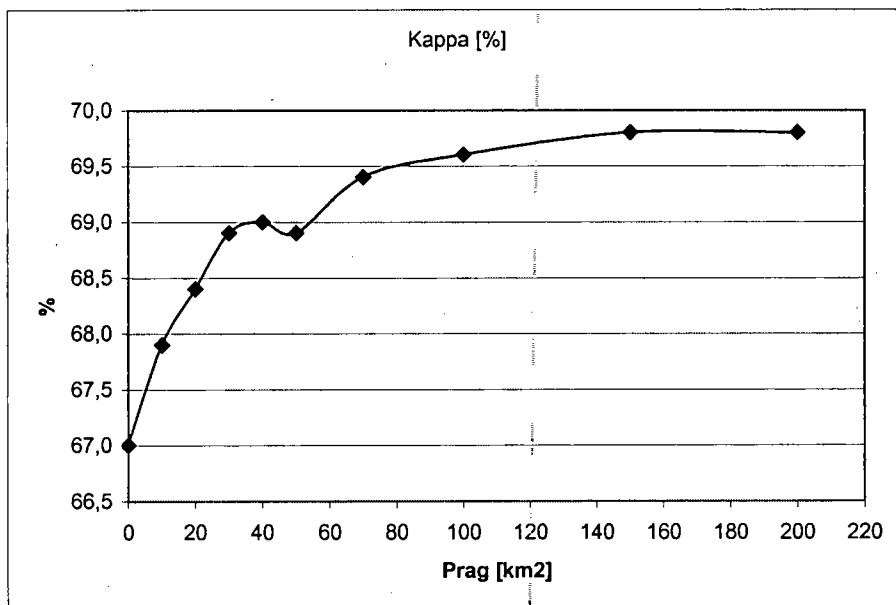
Rezultat je bilo sicer povečanje točnosti modela pri "optimalnem" modelu iz 87,6 % na 88,5 %, pri "potencialnem" razlike ni bilo (83,8 %), vendar pa sta karti še vedno vsebovali mnogo majhnih poligonov "primerne" prostora, kar pa glede na poznavanje ekološke niše medveda ni realno. Zato smo v drugem koraku izfiltrirali majhne zaplate "primerne" prostora ter vsakokrat kontrolirali točnost karte glede na neodvisno referenčni vzorec (graf 1 in 2). Pri tem smo zasledovali t.im. Kappa statistiko tematske točnosti (Congalton 1991), izračunano iz matrike napak. Ta je za razliko do običajnega "deleža pravilno klasificiranih pikslov" boljši indikator točnosti, saj upošteva dejstvo, da bi tudi povsem naključna klasifikacija prostora dala točnost, ki bi bila večja od 0. Kappa vrednost je zato vedno nekaj nižja od navadne ocene

točnosti. Iz te analize izhaja, da najprimernejši površinski prag filtriranja za "optimalni" model znaša 20 km², za "potencialni" pa 40 km². Končni rezultat prikazujeta sliki 8 in 9.

Graf 1: Gibanje točnosti karte optimalnega habitata pri različnih pragih za najmanjšo še upoštevano krpo primerne prostora

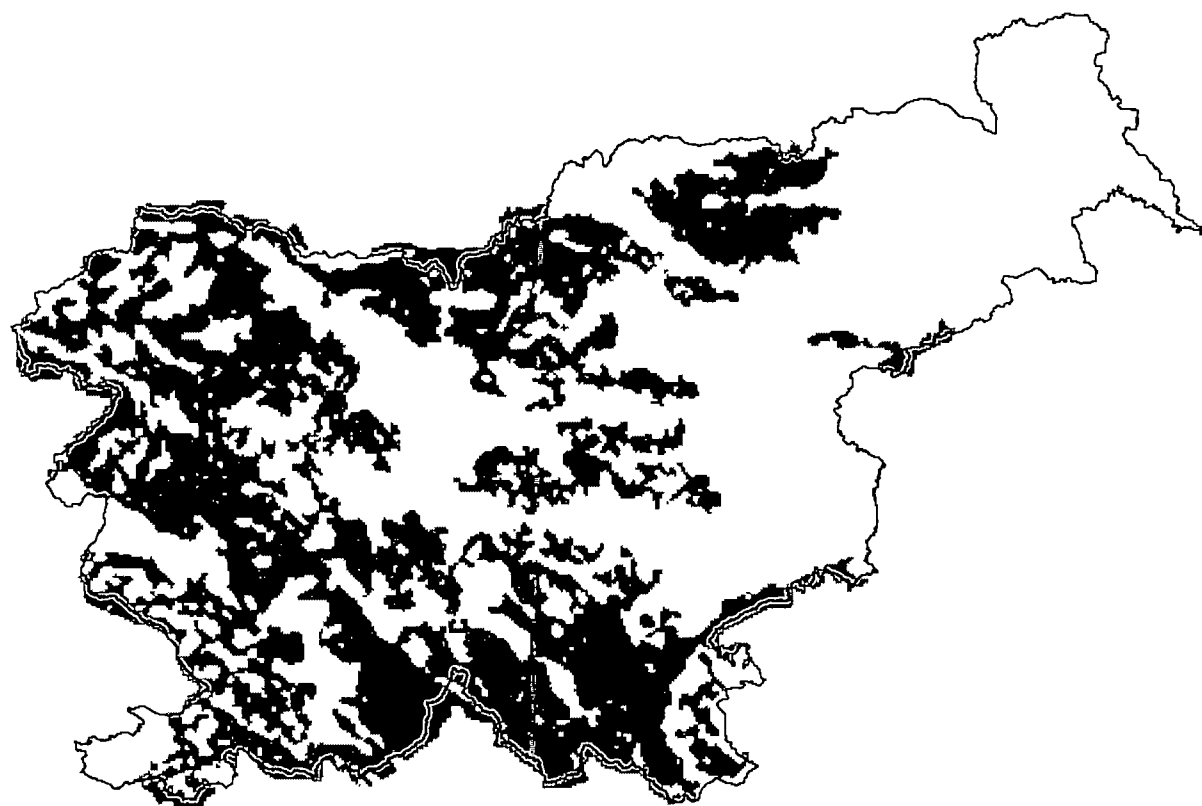


Graf 2: Gibanje točnosti karte potencialnega območja razširjenosti pri različnih pragih za najmanjšo še upoštevano krpo primerne prostora





Slika 8: Končna karta za optimalni habitat

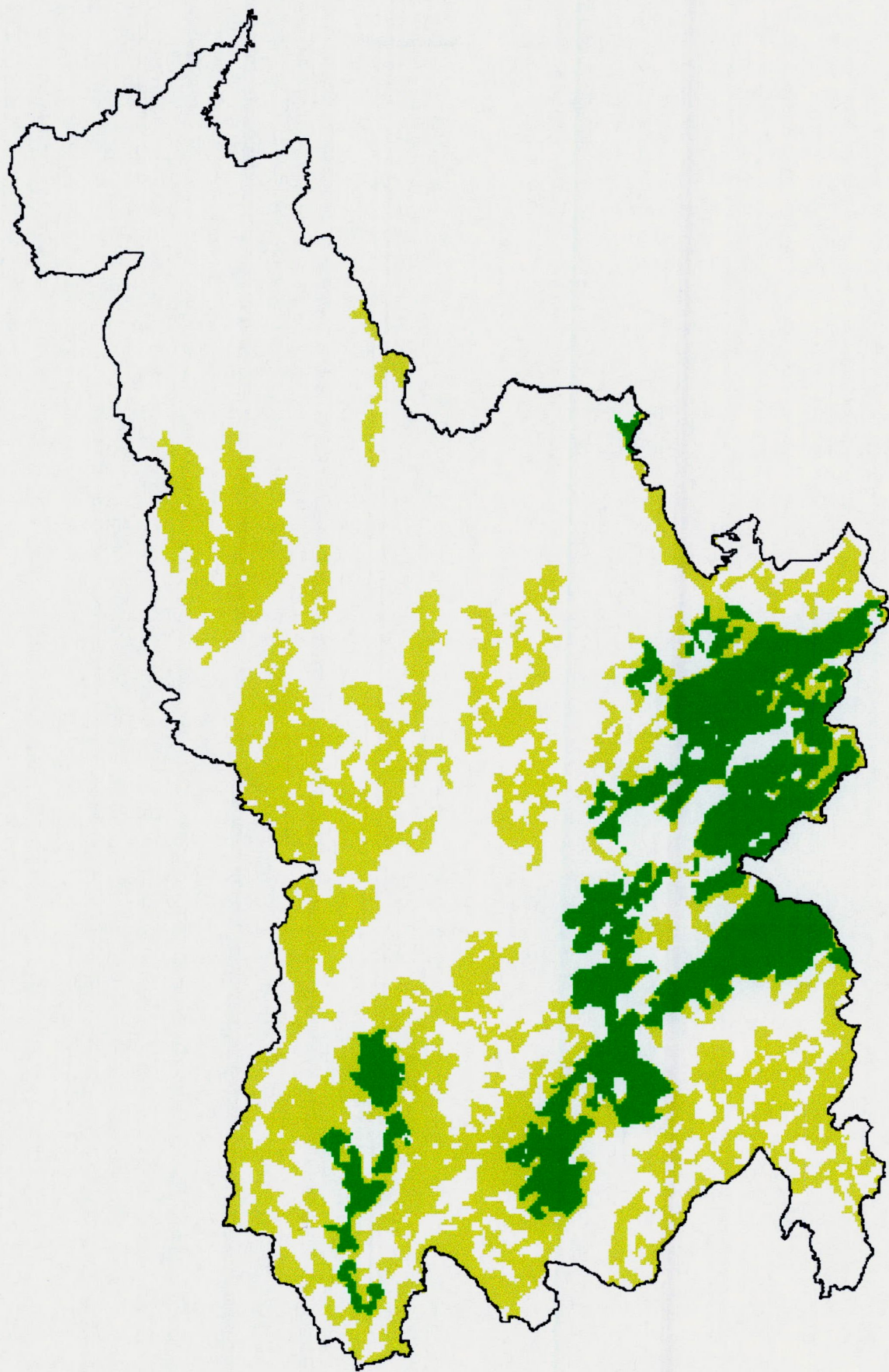


Slika 9: Končna karta za potencialno območje razširjenosti

Iz obeh kart smo slednjič naredili še kompozitno karto, ki upošteva le tisti optimalni habitat, ki se nahaja znotraj območja potencialne razširjenosti (slika 10) ter izračunali površinske statistike (pregl. 9).

Preglednica 9: Sumarni pregled primernih površin

Model	P [km ²]	Delež glede na površino države [%]
Optimalni habitat	2489	12,3
Potencialno območje razširjenosti	7846	38,7



Slika 10: Presek optimalnega habitata in potencialnega območja razširjenosti

3 Ugotovitve

V nasprotju s prikazanim modelom sta Kusak in Huber (1998) zasnovala svoj model na ekspertnem pristopu, pri čemer je bil zanj najpomembnejši vidik razpoložljivost hrane, medtem ko je v našem primeru najpomembnejša površina gozdne matice, delež gozda v neposredni okolici oz. splošneje prevladujoča raba tal. Naših rezultatov nismo mogli primerjati z ugotovitvami Knauerja in Kaczenskyjeve (1999), ker ne poročata o točnosti svojega modela. Fabricius in Coetzee (1992) sta uporabila podoben pristop kot mi, vseeno pa dosejata nižjo točnost in to navkljub bistveno bolj kompleksnemu odločitvenemu drevesu. Večjo učinkovitost našega modela pripisujemo dejstvu, da smo namesto oblaka točk opažanja uporabili areal aktivnosti, kar v veliki meri izključuje vpliv slučajnostnih "izletov" izven osrednjega območja, ki ga osebek / populacija naseljuje. Drugi razlog je verjetno izločitev fragmentiranih zaplat habitata iz našega modela. Iz definicije našega modela izhaja, da je habitat vezan na gozd, po drugi strani pa ni ves gozd primeren za habitat. Samice z mladiči imajo ožji areal aktivnosti kot samci, ki so tudi manj izbirčni glede kvalitete habitata. Ker pa smo za trenajo modela uporabili le točke samic, gre torej pri nas za konzervativno oceno habitata. Dejansko območje, ki ga naseljuje medved, skupaj s koridorji za gibanje med deli tega območja, je po vsej verjetnosti večje od ocene, ki jo podaja "optimalni" model in manjše od "potencialnega" modela. Naš model se v precejšnji meri sklada z ekspertnim znanjem o ekološki niši rjavega medveda. Ugotovitev o pomenu gozda se sklada s tem, kar pravijo Knauer in Kaczensky (1999) v Sloveniji ali pa npr. Pazhetnov (1993) in Vaisfeld (1993) v Evropskem delu Rusije, ki povdarjajo velik pomen gozda na gibanje medveda. Ugotovitev o vplivu bližine naselij ustreza temu, kar pravijo Swenson in sod. (1998), češ da je medveda najti predvsem v gozdnatih območjih z nizko stopnjo človekove prisotnosti, pri čemer je preživetje medveda bolj povezano z zaščito gozda kot z razpoložljivostjo prehranskih virov.

Če delež površine areala aktivnosti (slika 3), ki je zajet v modelu, privzamemo kot kazalec deleža populacije, zajete v modelu, potem lahko ocenimo, da potencialni model zajema 89,3 % populacije, optimalni model pa 70,8 % populacije (zaradi primerljivosti je kot osnova v obeh primerih vzet razširjeni areal aktivnosti, ki je bil podlaga za izdelavo modela potencialnega maksimalnega območja razširjenosti).

Z neodvisnim vzorcem ocenjena točnost modela optimalnega habitata na državni ravni znaša 89% (kappa 77%), kar je enako, kot pri lani izdelanemu modelu za zahodni del Slovenije

(Kobler, Adamič, 2000). Za model potencialne (maksimalne) razširjenosti medveda je ocenjena točnost 85% (kappa 69%). V primerjavi z lani razvitim modelom za Z Slovenijo ta dva modela zajemata ne le širši prostor, ampak tudi širši spekter ekoloških in prostorskih razmer, kar je postalo možno šele z bistveno razširitvijo prostorskega obsega baze podatkov o opažanjih medveda. Optimalni habitat (pregl. 9) zajema površino 2489 km² oz. 12,3% državnega ozemlja, pri čemer ga je 803 km² zunaj meja t.im "osrednjega varovalnega območja", predvsem na območju Nanosa, Trnovskega gozda in v Julijcih. Območje, kjer model predvideva potencialno pojavljanje medveda, pa pokriva 7846 km² oz. 38,7% države. Tu so vključeni najbolj gozdnati deli JZ in SZ Slovenije, na SV pa območje sega do Pohorja in Kozjaka.

4 Literatura

- ADAMIČ, M. 1999. Opažanja medvedov v Sloveniji med 1990 in 1998. Neobjavljeno.
- CONGALTON, R. G. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote. Sens. Environ.* 37. p. 35 – 46.
- EUROPEAN COMMISSION. 1993. CORINE Land Cover - Technical Guide. European Commission, Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg, 1993, 136 p.
- JENRICH, R. I., TURNER, F. B. 1969. Measurement of non-circular home range. *Journal of Theoretical Biology* 22: 227-237.
- KACZENSKY, P., F.KNAUER, M.JONZOVIČ, T.HUBER., M.ADAMIČ, H.GOSSOW. 1995. Slovenian bear telemetry project 1993-1995. Final report: 1-18. Ljubljana, Wien 1995.
- KNAUER F., P. KACZENSKY. 1999. A Habitat Connectivity Model for Brown Bears in Slovenia. *Book of Abstracts: 12th Int. Conf. Bear Research and Management*. Poiana Brasov, Rumania.
- KOBLER A., ADAMIČ M., 2000. Identifying brown bear habitat by a combined GIS and machine learning method. *Ecological Modelling*, vol. 135 (2-3), str. 291-300. Elsevier Science. (dec. 2000 v tisku)
- KOBLER, A., B. VRŠČAJ, M. POLJAK, M. HOČEVAR, F. LOBNIK. 1998. CORINE Land Cover Slovenia GIS Data Base Project - Current Status. *Proc. Intl. Conf. GIS for Earth*

- Science Applications. Institute for Geology, Geotechnics and Geophysics, Ljubljana, Slovenia, 1998. p. 101-110. (In Slovene with English summary).
- KOBLER, A., M. JONOZOVIČ, M. ADAMIČ. 1997. Nekateri vidiki ekološke niše rjavega medveda območju AC Vrhnika-Postojna. GIS analiza telemetrično zbranih podatkov. "Znanje za gozd". Zbornik ob 50.letnici Gozdarskega inštituta Slovenije: 133-142. Ljubljana.
- PERKO D., M. OROZEN-ADAMIČ (ured.). 1998. Slovenija – pokrajine in ljudje. Založba Mladinska knjiga, Ljubljana, Slovenija, 1998. 735 p. .
- SEAMAN, D.E., B.GRIFFITH and R.A.POWELL. 1998. KERNELHR: a Program for Estimating Animal Home Ranges. *Wildlife Society Bulletin* 26(1):95-100.
- SEAMAN, D.E., R.A.POWELL. 1996. An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology*, 77(7), 1996, pp. 2075-2085.
- VAN VINKLE, W. 1975. Comparison of several probabilistic home-range models. *Journal of Wildlife Management* 39: 118-123.
- WORTON, B. J. 1987. A review of models of home range for animal movement. *Ecological Modelling* 38: 277-298.