Moduli za izračun pokritosti z radijskim signalom v programskem paketu GRASS

Priročnik za uporabo

Verzija 1.0

Avtorji:

Igor Ozimek, Andrej Vilhar

Andrej Hrovat, Tine Celcer

Tomaž Javornik

Institut »Jožef Stefan«

Odsek za komunikacijske sisteme

Jamova 39,

1290 Ljubljana

Slovenija

Ljubljana, november 2010

# Kazalo

[Kazalo 1](#_Toc276626996)

[Kazalo slik 3](#_Toc276626997)

[Kazalo tabel 4](#_Toc276626998)

[1 Uvod 5](#_Toc276626999)

[2 Napotki za delo v okolju GRASS 6](#_Toc276627000)

[2.1 Instalacija okolja GRASS 6](#_Toc276627001)

[2.2 Uvoz podatkov 7](#_Toc276627002)

[2.3 Razvoj modulov 7](#_Toc276627003)

[3 Struktura projekta 8](#_Toc276627004)

[4 Modeli za izračun izgube poti za izotropno anteno 10](#_Toc276627005)

[4.1 Modul *r.fspl* 10](#_Toc276627006)

[4.1.1 Zagon modula v terminalskem načinu 10](#_Toc276627007)

[4.2 Modul *r.hata* 11](#_Toc276627008)

[4.2.1 Zagon modula v terminalskem načinu 12](#_Toc276627009)

[*4.3* Modul *r.ericsson* 13](#_Toc276627010)

[4.3.1 Zagon modula v terminalskem načinu 14](#_Toc276627011)

[4.4 Modul *r.cost231* 15](#_Toc276627012)

[4.4.1 Zagon modula v terminalskem načinu 16](#_Toc276627013)

[4.5 Modul *r.waik* 17](#_Toc276627014)

[4.5.1 Zagon modula v terminalskem načinu 18](#_Toc276627015)

[5 Izračun dodajanje vpliva smernega diagrama antene 20](#_Toc276627016)

[*5.1* Modul *r.sector* 20](#_Toc276627017)

[5.1.1 Zagon modula v terminalskem načinu 20](#_Toc276627018)

[6 Razvrstitev celic po jakosti signala in zapis v bazo podatkov 22](#_Toc276627019)

[*6.1* Modul *db.GenerateTable* 22](#_Toc276627020)

[6.1.1 Zagon modula v terminalskem načinu 22](#_Toc276627021)

[*6.2* Modul *r.MaxPower* 23](#_Toc276627022)

[6.2.1 Zagon modula v terminalskem načinu 24](#_Toc276627023)

[7 Python skripta 25](#_Toc276627024)

[7.1 Vhodna tabelarična datoteka 25](#_Toc276627025)

[7.1.1 Posebnosti formata CSV 27](#_Toc276627026)

[7.1.2 Uporaba znaka # 27](#_Toc276627027)

[7.2 Zagon modula v terminalskem načinu 27](#_Toc276627028)

[7.3 Pomembnejši podatki o izvajanju in notranji zgradbi skripta 29](#_Toc276627029)

[7.3.1 Obdelava klicnih parametrov 29](#_Toc276627030)

[7.3.2 Včitanje in obdelava antenske preslikovalne tabele 29](#_Toc276627031)

[7.3.2.1 Opis antenske preslikovalne datoteke 30](#_Toc276627032)

[7.3.3 Včitanje in obdelava sektorske tabele 30](#_Toc276627033)

[7.3.3.1 Opis cellTableDescrib 30](#_Toc276627034)

[7.3.4 Določitev geografskega področja izračuna 31](#_Toc276627035)

[7.3.5 Izračun modelov in sektorjev 33](#_Toc276627036)

[7.3.5.1 Klic za izračun modela 33](#_Toc276627037)

[7.3.5.2 Klic za izračun sektorja 33](#_Toc276627038)

[7.3.5.3 Vzporedno izvajanje 34](#_Toc276627039)

[7.3.6 Brisanje nepotrebnih modelov in sektorjev 34](#_Toc276627040)

[7.3.7 Izračun celotnega pokritja 34](#_Toc276627041)

[7.4 Pomožni skripti 35](#_Toc276627042)

[7.4.1 Skripta m.msi2antmap 35](#_Toc276627043)

[7.4.2 Skripta m.checkantmap 36](#_Toc276627044)

[8 Dodatni moduli 37](#_Toc276627045)

[8.1 Modul *r.clutconvert* 37](#_Toc276627046)

[8.1.1 Zagon modula v terminalskem načinu 38](#_Toc276627047)

[8.2 Modul *r.compare* 38](#_Toc276627048)

[8.2.1 Zagon modula v terminalskem načinu 39](#_Toc276627049)

[8.3 Modul *db.CompareResults* 39](#_Toc276627050)

[8.3.1 Zagon modula v terminalskem načinu 40](#_Toc276627051)

[8.4 Modul *r.CompareMobitel* 41](#_Toc276627052)

[8.4.1 Zagon modula v terminalskem načinu 41](#_Toc276627053)

[9 Namestitev programskega modulov za izračun pokritosti z radijskim signalom 43](#_Toc276627054)

[10 Primerjava rezultatov izračunov in meritev moči radijskega signala 45](#_Toc276627055)

[11 Zaključek 46](#_Toc276627056)

[12 Literatura 47](#_Toc276627057)

[13 Dodatek A Primerjava izmerjenih in izračunanih vrednosti 48](#_Toc276627058)

# Kazalo slik

[Slika 1: Struktura projekta s pripadajočimi izrisi vmesnih rezultatov 8](#_Toc276621834)

[Slika 2: Izračun pokritja Ljubljanske kotline z radijskim signalom pri 2.4 GHz z modulom *r.fspl*. in *r.los* 10](#_Toc276621835)

[Slika 3: Izračun pokritja Ljubljanske kotline z radijskim signalom pri 400 MHz z modulom *r.hata*. 12](#_Toc276621836)

[Slika 4: Osnovni koncept modela 9999 13](#_Toc276621837)

[Slika 5: Izračun pokritja območja Ljutomera z radijskim signalom pri 2040 MHz z modulom *r.ericsson*. 14](#_Toc276621838)

[Slika 6: Izračun pokritja območja Ljubljane z radijskim signalom pri 2040 MHz z modulom *r.cost231*. 16](#_Toc276621839)

[Slika 7: Izračun pokritja Ljubljanske kotline z radijskim signalom pri 2040 MHz z modulom *r.waik* in upoštevanjem slabljenja rabe tal 18](#_Toc276621840)

[Slika 8: Primer smernih diagramov anten 20](#_Toc276621841)

[Slika 9: Primer vhodnega in izhodnega rastra modula *r.sector* 20](#_Toc276621842)

[Slika 10: Izračun pokritja območja Ljutomera z radijskim signalom pri 2040 MHz z modelom Ericsson. 24](#_Toc276621843)

[Slika 11: Grafičen prikaz pretvorjene datoteke rabe tal za področje Ljutomera - izhod modula *r.clutconvert* 38](#_Toc276621844)

[Slika 12: Primerjav simulacij GRASS in simulacij TEMS za področje Ljutomera 39](#_Toc276621845)

# Kazalo tabel

[Tabela 1: Shema organizacije podatkovne baze 22](#_Toc276621846)

[Tabela 2: Zapis izračunanih vrednosti s pripadajočimi podatki v podatkovno bazo 23](#_Toc276621847)

[Tabela 3: Različni tipi terena z ustreznimi številskimi oznakami v »clutter« datoteki in pripadajoče vrednosti slabljenja za 2040 MHz 37](#_Toc276621848)

[Tabela 4: Atributi v izhodni tekstovni datoteki modula *db.CompareResults* 40](#_Toc276621849)

# Uvod

Za izračun pokritosti področja z radijskim signalom se uporablja vrsta matematičnih modelov širjenja radijskih signalov , , , . Te modele lahko razvrstimo v tri skupine: (i) statistični modeli, (ii) deterministični (ponekod imenovani tudi teoretični) modeli in (iii) kombinacija determinističnih in statističnih modelov.

Osnova statističnega modela je matematični zapis odvisnosti slabljenja radijskega signala od razdalje in množice parametrov modela. Parametri in matematični zapis statističnih modelov so dobljeni s pomočjo meritev radijskega signala v določenih okoljih. Zanesljivost modelov je odvisna od natančnosti meritev in podobnosti okolja v katerem so se izvajale meritve in okolja v katerem želimo uporabiti model. Zaradi enostavnosti zapisa statistični modeli omogočajo hiter izračun pokritja z radijskim signalom. Uporabljajo se predvsem pri izračunu pokritja makro celic.

Deterministični modeli temeljijo na osnovnih mehanizmih razširjanja radijskih valov kot so: razširjanje radijskega žarka v praznem prostoru, uklon, sipanje, odboj, absorpcija in lom radijskega žarka. Uporabimo jih lahko v različnih okoljih, vendar pa zahtevajo baze podatkov, ki opisujejo geometrične in elektromagnetne lastnosti okolja, v katerem želimo določiti način razširjanja radijskega signala. Zaradi velikega obsega vhodnih podatkov in raznolikosti širjenja radijskega signala so teoretični modeli kompleksni in računsko zahtevni, in zato uporabni za izračun moči radijskega signala le na omejenem, manjšem področju, na primer za razširjanje signala znotraj stavb in v mikro celicah.

V kombiniranih modelih razširjanja signala so uporabljene dobre lastnosti determinističnih in statističnih modelov, to je hiter izračun pokritja in delno upoštevanje lastnosti terena. Tako se v mnogih komercialnih orodjih pogosto uporablja kombinacija statističnih modelov s principi senčenja, uklona in sipanja radijskega žarka.

Za izračun pokritosti z radijskim signalom je na voljo vrsta komercialnih programskih orodij različnih proizvajalcev. Prva orodja so bila namenjena predvsem operaterjem mobilnih radijskih omrežij in nacionalnim regulatorjem na področju telekomunikacij, na primer Planet , decibel Planner , Vulcano ter CS telecom nG . Temu primerna je bila seveda tudi cena in posledično razširjenost oziroma dostopnost teh orodij. V zadnjem času pa je na trgu dostopnih kar nekaj orodij z nekoliko okrnjeno funkcionalnostjo in precej nižjo ceno, na primer WinProp , RPS in TAP . Večina teh orodij ne vsebuje modula za optimizacijo radijskih omrežij, namenjena pa so predvsem izračunu pokritja na manjših področjih, na primer znotraj stavb, ter za planiranje WLAN omrežij, radio-relejnih povezav, itd. Večina zgoraj omenjenih orodij uporabniku ne omogoča dodajanja novih oziroma prilagoditve znanih modelov širjena radijskih signalov za nove mobilne tehnologije. Zato je njihova uporaba precej omejena.

To omejitev lahko odpravimo z uporabo odprto-kodne platforme, katero lahko dogradimo z želenim modelom širjenja radijskega signala. Ker razgibanost terena močno vpliva na širjenje radijskega signala, in ker za prikaz rezultatov tudi potrebujemo kot podlago zemljevid področja, je smiselna uporaba odprto-kodnih geografskih informacijskih sistemov (GIS), ki jih nadgradimo z ustreznimi moduli za širjenje radijskega signala. Eden najbolj razširjenjih GIS odprto-kodnih sistemov z dolgoletno tradicijo je programsko okolje GRASS, ki vključuje bogato bazo že izvedenih modulov in je uporaben na številnih področjih, ki operirajo z geografsko odvisnimi parametri.

Na področju radijskih komunikacij je GRASS z obstoječimi moduli in z dodanimi moduli, ki vsebujejo modele razširjanja radijskega signala, uporaben za analizo območij pokritij z radijskih signalom. Pri tem je potrebno merjene oziroma modelirane podatke uvoziti v primerni obliki.

Ker je GRASS odprto-kodni sistem, je modeliranje radijskega pokritja izvedljivo v samem programskem okolju. S tem se izognemo nepotrebnim nevšečnostim pri izvažanju in uvažanju podatkov ter morebitnim napakam pri konverziji, medtem ko se prednosti modularnega pristopa ohranijo, saj za analizo podatkov uporabimo druge module kot za izračun pokritja.

# Napotki za delo v okolju GRASS

Cilj tega poglavja je doseči enostavno ponovljivost v dokumentu opisanega dela. V ta namen opišemo nekaj praktičnih napotkov in nasvetov, ki jim je potrebno slediti, če želimo razvijati lastne module v okolju GRASS. Opis zajema vse korake, ki so za to potrebni, od instalacije sistema naprej.

## Instalacija okolja GRASS

GRASS smo namestili na dva sistema. Na Linux Fedora 8 je bilo moč instalacijo opraviti direktno iz binarnih datotek. Postopek je hiter in ne zahteva posebnih posredovanj uporabnika.

Za Red Hat Enterprise Linux 5 (RHEL 5) že prevedeni binarni paketi niso dostopni, zato je bilo potrebno izvesti prevajanje izvorne kode. Sledili smo postopku, opisanem na GRASS‑ovih spletnih straneh , . Pri tem je potrebno posebej paziti na vrstni red nameščanja. **Za svoje delovanje GRASS na primer potrebuje knjižnice PROJ4 in GDAL/OGR, ki morajo biti nameščene pred instalacijo okolja GRASS.** Če želi, lahko uporabnik namesti tudi knjižnice kot so: GEOS, PostgreSQL, mySQL, unixODBC, SQLite. Med postopkom se lahko pojavijo tudi zahteve po dodatnih instalacijah, ki v navodilih , niso posebej omenjene. Na RHEL 5 smo tako namestili tudi paketa FFTW in TCL/TK.

Pred prevajanjem paketa GRASS tega najprej v prepišemo iz stisnjene zapakirane oblike na izbrano mesto, to je lahko tudi kjerkoli v uporabnikovi drevesni strukturi imenikov, za naš primer pa smo izbrali */usr/local/src/grass64/*. Po prepisu se celotna vsebina nahaja v podimeniku *grass-6.4.0RC3*, tam tudi izvedemo prevajanje. To poteka v treh korakih.

V prvem koraku z ukazom *configure* določimo želeno konfiguracijo prevedenega paketa, kar dosežemo z ustreznimi parametri ukaza *configure*. Vse možne parametre lahko izpišemo z ukazom *configure --help*. V tem koraku npr. izberemo podporo za uporabo dodatnih podatkovnih baz, kot sta MySQL in PostgreSQL (te morajo niti že nameščene) ter njihovo lokacijo na disku. V našem primeru smo uporabili naslednji ukaz, ki je vključil podporo za MySQL, PostgreSQL in SQLite ter kot končno lokacijo prevedenega paketa določil */usr/local*:

*./configure --with-mysql --with-mysql-includes=/usr/include/mysql --with-mysql-libs=/usr/lib/mysql --with-postgres --with-postgres-libs=/usr/local/pgsql/lib --with-postgres-includes=/usr/local/pgsql/include --with-sqlite --prefix=/usr/local*

V drugem koraku paket prevedemo z ukazom *make*. Prevedeni paket ne nastane na končni lokaciji ampak v imeniku, kjer izvajamo prevajanje, v našem primeru je to */usr/local/src/grass64/grass-6.4.0RC3*. Prevedeni paket je v imeniku *dist.i686-pc-linux-gnu*, v imeniku *bin.i686-pc-linux-gnu* pa je ukaz *grass64* za zagon aplikacije. Paket na tej lokaciji je polno uporaben.

Na končno mesto prepišemo paket z ukazom *make install*. V našem primeru se ukazna skripta *grass64* prepiše v imenik */usr/local/bin*, cel paket pa v */usr/local/grass-6.4.0RC3*. Prej prevedeni paket ostane na svojem mestu (*/usr/local/src/grass64/grass-6.4.0RC3*) in ga lahko uporabljamo npr. za razvoj in prevajanje lastnih dodatnih modulov (*/usr/local/src/grass64/grass-6.4.0RC3/doc*), kar je podrobneje na drugem mestu v tem dokumentu.

## Uvoz podatkov

Pred samim uvažanjem geografskih podatkov je potrebno ustvariti novo lokacijo. Za »GIS Data Directory« smo izbrali pot »/home/grass/grassdata«.

Rastrske DEM (digital elevation model) podatke, ki jih je zagotovil Mobitel, smo uvažali z uporabo modula *r.in.gdal*. Za pravilni grafični prikaz je bilo potrebno pognati še modul *r.colors* in izbrati set barv za prikazovanje višin (zavihek »Colors«, vrstica »Type of color table«, vrednost »elevation«). Za uvoz državne meje v vektorskem zapisu smo uporabili modul *v.in.ogr*.

Pri uvažanju kartografskega tipa podatkov, ki jih zagotavlja GURS (Geodetska uprava Republike Slovenije), dobimo kot rezultat tri mape, rdečo, modro in zeleno. Združimo jih z uporabo modula *r.composite*. Pri uvozu GURS-ovega DEM modela je številne datoteke najprej potrebno združiti v eno datoteko, naprimer v ASCII (xyz) datoteko. Uvoz se nato izvede z modulom *r.in.xyz*. Pri tem je potrebno paziti tudi, da je ob postopku uvažanja resolucija nastavljena pravilno (100x100), sicer je grafičen prikaz napačen. V ta namen uporabimo modul *g.region*.

Za uvoz rezultatov simulacij, ki so narejene z simulacijskim orodjem TEMS, je potrebno uporabiti modul *r.in.arc*. ASCII datoteka ima namreč končnico ».asc« (ASCIII raster datoteka) in pripada GIS programom podjetja ESRI (ArcGIS).

V primeru, da je bil uvoz neuspešen oziroma pri kasnejši obdelavi rezultatov, se za odstranitev posamezne mape uporabi modul *g.remove*.

## Razvoj modulov

GRASS vključuje več kot 350 že izvedenih modulov za procesiranje, analizo in vizualizacijo geografskih podatkov. Knjižnice in jedrni moduli so napisani v programskem jeziku C. Izvorne kode vgrajenih rastrskih modelov najdemo na lokaciji »grass-6.4.0RC3/raster«, kjer je »grass-6.4.0RC3« glavni direkorij izvorne kode. Kodo lahko brez omejitev pregledujemo ali modificiramo. Vsak modul vsebuje eno ali več datotek s končnico ».c«, ki vsebujejo izvorno kodo in datoteko »Makefile«, v kateri med drugim definiramo ime razvitega modula. Modul prevedemo z ukazom *make*, ki ga zaženemo v mapi želenega modula. Ukaz omogoča, da ni potrebno ob vsaki posodobitvi modula prevajati celotne izvorne kode okolja, pač pa le modul sam.

Pri začetku razvoja lastnih modulov nam je bil v pomoč primer modula *r.example*, ki ga najdemo na lokaciji »grass-6.4.0RC3/doc/raster«. Modul je enostaven, saj opravlja le funkcijo prepisovanja vhodnega rastra v izhodnega, vendar je dobro komentiran in predstavlja osnovo tipičnega rastrskega modula. Za učinkovit nadaljnji razvoj so na voljo dobro dokumentirane knjižnice z več sto vgrajenimi C funkcijami (API – Application Programming Interface). Dokumentacija je ažurirana sproti in je dostopna na spletu .

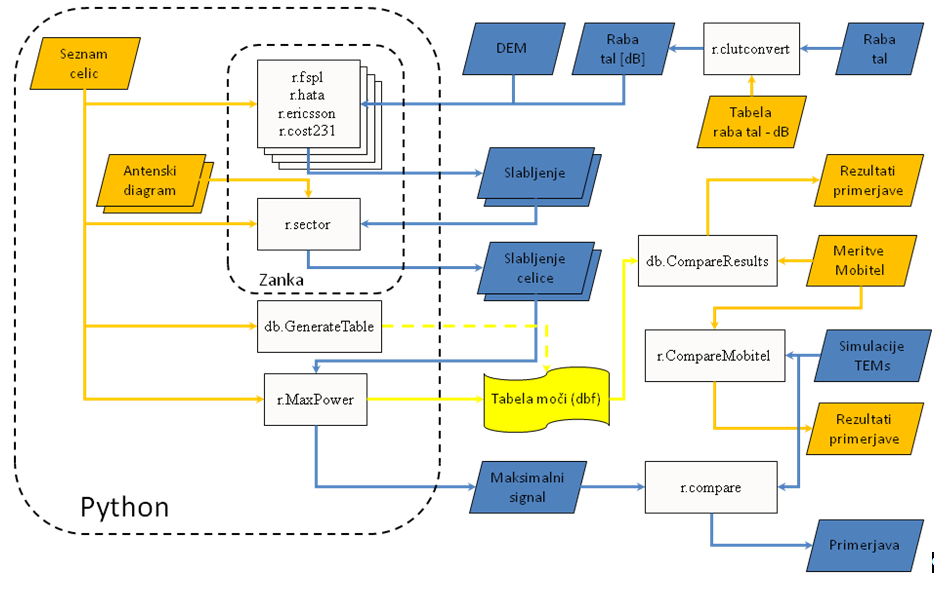
# Struktura projekta

Bločni diagram projekta prikazuje Slika 1. Sestavljajo dva sklopa modulov:

* sklop modulov GRASS za izračun pokritosti z radijskim signalom, ki ga povezuje skripta napisana v jeziku Python
* sklop dopolnilnih modulov, ki služijo za primerjavo rezultatov in prilagajanju vhodnih podatkov podatkovni struktur GRASS.

Poleg modulov Grass, ki so na Sliki 1 označeni kot beli kvadrati, so na sliki 1 prikazani še vhodni izhodni podatki, ki jih označujejo paralelogrami različnih barv in sicer:

* tekstovne vhodno izhodne datoteke so označene z oranžno barvo,
* rasterske datoteke GRASS z modro barvo in
* baze podatkov z rumeno barvo.



Slika 1: Struktura projekta s pripadajočimi izrisi vmesnih rezultatov

Jedro, programskega paketa je izračun pokritja z radijskim signalom na Sliki 1 obkrožen s črtkasto črto. Izračun radijskega pokritja celotnega celičnega omrežja je razdeljen na tri osnovne segmente:

* izračun slabljenja za izotropno anteno (*r.fspl*, *r.hata*, *r.ericsson*, *r.cost231*),
* izračun vpliva smernega diagrama antene (*r.sector*),
* razvrstitev anten po jakosti signala na izračunanem območju (*db.GenerateTable*, *r.MaxPower*).

Vsak segment je realiziran s svojim modulom v programskem okolju GRASS, za pravilno zaporedje izvajanja pa je poskrbljeno s skripto, napisano v programskem jeziku Python. Posamezni moduli torej predstavljajo le izvedbo radijskih izračunov, medtem ko za upravljanje z vhodnimi in izhodnimi podatki skrbi skripta. Na ta način je dosežena modularnost, ki zagotavlja več prednosti:

* enostavna nadgradnja oziroma zamenjava obstoječih matematičnih modelov z novimi modeli,
* neodvisnost izvedenih modulov od specifičnega omrežja,
* enostavna in hitra izvedba ponovnih izračunov za posamezen segment oziroma za izbrana geografska območja,
* možnost paralelizacije izračunov.

Znotraj vsakega segmenta je možna realizacija več modulov, ki opravljajo enako oziroma podobno nalogo. Izbor ustreznega modula je izveden v skripti in je odvisen od namena uporabe. To še posebej velja za prvi segment, kjer lahko pridejo v poštev različni matematični modeli razširjanja radijskega signala. V prvem segmentu smo realizirali štiri module, *r.fspl*, *r.hata*, *r.ericsson* in *r.cost231*. Drugi segment trenutno vsebuje en modul, *r.sector,* medtem, ko sta v tretjem segmentu dva modula in sicer *db.GenerateTable*, ki poskrbi za tvorjenje tabele za zapis rezultatov in modul *r.MaxPower*, ki sortira podatke, in jih izpiše v izhodno datoteko. V nadaljevanju podajamo opis vseh naštetih modulov in opis delovanja Python skripta, ter na koncu še opis dodatnih modulov za primerjavo rezultatov in pripravo vhodnih podatkov.

# Modeli za izračun izgube poti za izotropno anteno

## Modul *r.fspl*

Z modulom *r.fspl* izračunamo slabljenje radijskega signala pri širjenju v praznem prostoru (FSPL – Free Space Path Loss). Izračun je v enotah dB in je podan z enačbo . Pri tem *R* predstavlja razdaljo med oddajnikom in sprejemnikom, *f* pa nosilno frekvenco v MHz. Gre za izvedbo najosnovnejšega principa širjenja radijskega signala, ki ga lahko uporabljamo za referenco.

 (1)

Pri višjih nosilnih frekvencah in v okoljih, kjer ni številnih odbojev radijskih žarkov, modul *r.fspl* lahko služi kot prvi približek predvidenega radijskega pokritja za geografske točke, ki so v vidnem polju oddajnika (LOS – Line of Sight). V tem primeru izračun izvedemo v dveh korakih. V prvem koraku za izračun vidnega polja uporabimo že vgrajen modul *r.los*. V drugem koraku z uporabo modula *r.fspl* v vidnih točkah izračunamo slabljenje v odprtem prostoru. Grafični prikaz primera izračuna po tem postopku je podan na sliki 2.



Slika 2: Izračun pokritja Ljubljanske kotline z radijskim signalom pri 2.4 GHz z modulom *r.fspl*. in *r.los*

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani spodaj. Poleg parametrov so v oklepajih izpisani komentarji.

* Ukaz:

r.fspl [-q] input=name output=name [LOS\_map=name] coordinate=x,y [ant\_height=value] frequency=value [default\_DEM\_height=value] [default\_LOS\_raster\_value=value] [--overwrite] [--verbose] [--quiet]

* Zastavice:

-q Quiet

--o Allow output files to overwrite existing files

--v Verbose module output

--q Quiet module output

* Parametri:

Input Name of input raster map *ime vhodnega rastra*

Output Name for output raster map *ime izhodnega rastra*

LOS\_map LOS raster map to use as a mask *ime LOS rastra, ki določa,*

*kje naj se izračun izvede*

Coordinate Base station coordinates *koordinate oddajnika –*

default: 10 *v obliki x,y)*

ant\_height Height of the anntenas *višina oddajnika, podana*

*v metrih,*

*privzeta vrednost je 10 m*

frequency Frequency (MHz) *nosilna frekvenca, v MHz*

default\_DEM\_height

Default terrain height *višina terena na mestih*

*nedefinirane vhodne DEM*

*raster datoteke*

default\_LOS\_raster

Default LOS raster value *vrednost LOS rastra na mestih*

*nedefiniranega vhodnega LOS*

*rastra*

* Primer klica:

r.fspl input=dem\_ljubljana\_25@PERMANENT output=fspl\_ljubljana\_25 LOS\_map=los\_ljubljana\_25m\_30visina coordinate=462439,102821 ant\_height=10 frequency=2040 default\_DEM\_height=100 default\_LOS\_raster\_value=30 --overwrite

## Modul *r.hata*

Modul *r.hata* predstavlja izvedbo modela Okumura-Hata . Gre za enega najbolj razširjenih modelov za predvidevanje radijskega pokritja, ki temelji na zakonitostih, ki so bile ugotovljene iz empiričnih podatkov. Obsega tri različice, za mestno (*angl. urban*), za primestno (*angl. suburban*) in za redko poseljeno okolje (*angl. open*). Izračun za vse tri tipe v enotah dB je podan po vrsti z enačbami (2), (3) in (4). Pri tem je *f* nosilna frekvenca, *R* razdalja med oddajnikom in sprejemnikom, parameter *h* predstavlja višinsko razliko med oddajnikom in sprejemnikom, *hM* pa višino sprejemnika nad tlemi. *CH* je korekcijski faktor višine antene za majhna in srednje velika mesta, podan z enačbo (5). Izbor ustreznega tipa terena je podan kot vhodni parameter modula (area\_type), izračun pa se izvede do določene razdalje od oddajnika (radius).

 (2)

 (3)

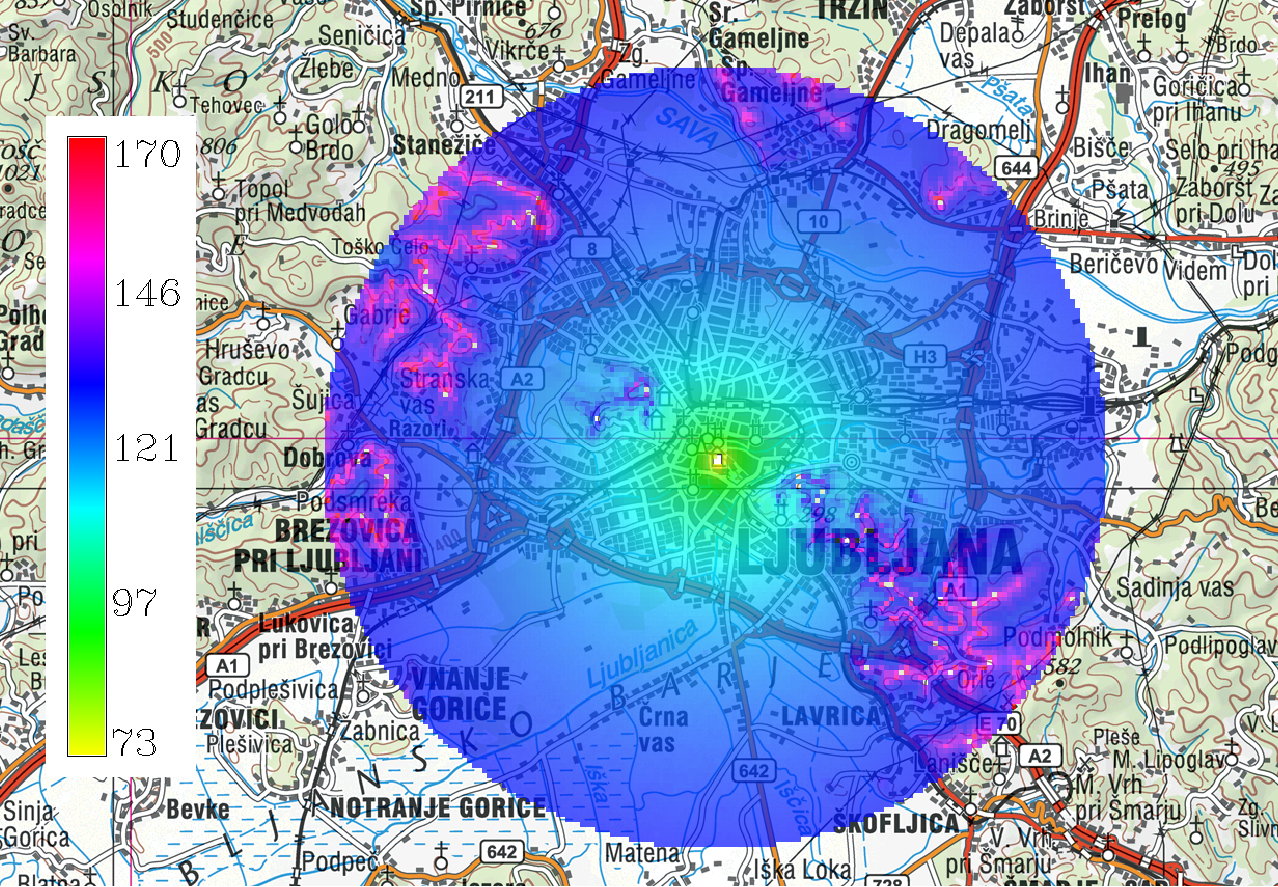
 (4)

 (5)

Uporabljeni model ne upošteva konfiguracije terena niti vrste okolice v kateri se nahaja mobilni terminal. Upadanje radijskega signala z razdaljo je odvisno od višine antene. Če se le ta nahaja dovolj visoko, se slabljenje približuje slabljenju radijskega signala v odprtem prostoru, to je 20 dB/dekado. Če pa sta bazna postaja in mobilna postaja na približno enaki višini, se model približa modelu širjenja signala ob površini zemlje .

Ena glavnih pomanjkljivosti osnovnega modela Okumura-Hata je neupoštevanje konfiguracije terena. To ima za posledico, da v primeru večjih geografskih ovir kot so gore, hribi in globoke doline, model tudi za ovirami predvidi signal, kot da ovir ne bi bilo. Zato so že v prvih programskih orodjih za izračun pokritosti model nadgradili z moduli za uklon na eni ali več ovirah. Pri večjih velikostih celice je potrebno upoštevati tudi ukrivljenost zemlje.

Osnovni model Okumura-Hata torej lahko uporabimo za izračun moči sprejetega radijskega signala na področjih, kjer med oddajnikom in sprejemnikom ni večjih ovir. Grafični prikaz primera izračuna je podan na sliki 33.



Slika 3: Izračun pokritja Ljubljanske kotline z radijskim signalom pri 400 MHz z modulom *r.hata*.

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani spodaj. Poleg parametrov so v oklepajih izpisani komentarji.

* Ukaz:

r.hata [-q] input=name output=name coordinate=x,y [ant\_height=value] [radius=value] [area\_type=string] frequency=value [default\_DEM\_height=value] [--overwrite] [--verbose] [--quiet]

* Zastavice:

-q Quiet

--o Allow output files to overwrite existing files

--v Verbose module output

--q Quiet module output

* Parametri:

input Name of input raster map *ime vhodnega rastra*

output Name for output raster map *ime izhodnega rastra*

coordinate Base station coordinates *koordinate oddajnika –*

*v obliki x,y)*

ant\_height Height of the anntenas (m) *višina oddajnika, podana*

default: 10 *v metrih*

*privzeta vrednost je 10 m*

radius Radius of calculation (km) *(največja razdalja od*

default: 10 *oddajnika, v kilometrih,*

*privzeta vrednost je 10 km*

area\_type Type of area *tip terena,*

options: urban,suburban,open *možnosti: mestno, primestno,*

default: urban *redko poseljeno*

privzeta vrednost: mestno

frequency Frequency (MHz) *nosilna frekvenca, v MHz*

default\_DEM\_height

Default terrain height *višina terena na mestih*

*nedefinirane vhodne DEM*

*raster datoteke*

* Primer klica:

r.hata input=dem\_ljutomer\_25@PERMANENT output=hata\_ljutomer\_25m coordinate=590020,159380 ant\_height=10 radius=10 area\_type=urban frequency=2040 default\_DEM\_height=100 --overwrite

## Modul *r.ericsson*

V modulu *r.ericsson* je implementiran modificiran model Okumura-Hata, ki je poznan kot model Ericsson oziroma model 9999. V modelu je izguba poti med oddajnikom in sprejemnikom odvisna od frekvence, razdalje med oddajnikom in sprejemnikom, višine oddajne in sprejemne antene. Poleg tega upošteva tudi profil terena, slabljenje zaradi rabe tal in vpliv ukrivljenosti zemlje. Osnovni koncept modela 9999 je predstavljen na spodnji sliki.



Slika : Osnovni koncept modela 9999

Splošna formula izgube poti modela Ericsson je

, (6)

kjer *HOA* predstavlja enačbo modela Okumura-Hata za širjenje radijskih valov v odprtih območjih, *mk[mobile]* slabljenje rabe tal na mestu sprejemnika v decibelih, *KDFR* prispevek uklona na klinasti oviri v decibelih, *α* parameter povezan z uklonom na klinasti oviri in *JDFR* izguba uklona zaradi ukrivljenosti zemlje v decibelih.

Izguba poti modela Okumura-Hata uporabljen v enačbi modela Ericsson (enačba ) je podana kot

, (7)

kjer so *A0-A3* nastavljivi parametri modela, *d* je horizontalna razdalja med oddajnikom in sprejemnikom, *f* je nosilna frekvenca, *Heff* je višinska razlika med oddajnikom in sprejemnikom, *Hm* pa je višina sprejemnika.

Model je primeren za izračun izgube poti v frekvenčnem področju med 150 MHz in 2GHz ter za razdalje med oddajnikom in sprejemnikom od 200 m do 100 km. Poleg tega mora biti višina antena bazne postaje med 20 in 200 metri nad tlemi, antena mobilne postaje pa se mora nahajati na višina med 1 in 5 metri.

Pri izračunu slabljenja na klinasti oviri smo uporabili postopek za izračun slabljenja uklona na eni klinasti oviri. Enačba slabljenje za uklon na klinasti oviri je podana z

 (8)

Parameter *ν* v predhodnem izrazu je podan z enačbo

. (9)

kjer je *h* višina ovire nad neposredno linijo med oddajnikom in sprejemnikom, *d1* in *d2* pa sta razdalji mobilne oziroma bazne postaje do klinaste ovire.

V implementaciji modela Ericsson smo zanemarili slabljenje zaradi ukrivljenosti zemlje, saj pri uporabljenih velikostih celic (do 35 km) ne vpliva na končni rezultat. Poleg tega smo faktor *α*, ki je povezan z uklonom na klinasti oviri, nastavili na 1. Za upoštevanje ustreznega slabljenja rabe tal, smo morali prejeto raster datoteko, ki vsebuje informacije o rabi tal, pretvoriti tako, da smo vanjo vpisali ustrezna slabljenja za posamezne tipe terena. Grafičen prikaz izračuna izgube poti z modulom *r.ericsson* za področje Ljutomera je podan na sliki 5.

ljutomer_err_with_legend.TIF

Slika 5: Izračun pokritja območja Ljutomera z radijskim signalom pri 2040 MHz z modulom *r.ericsson*.

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani spodaj. Poleg parametrov so v oklepajih izpisani komentarji.

* Ukaz:

r.ericsson [-q] input=name clutter=name output=name A0=value A1=value A2=value A3=value coordinate=x,y [ant\_height=value] [radius=value] frequency=value [default\_DEM\_height=value] [default\_CLUT\_value=value] [--overwrite] [--quiet]

* Zastavice:

-q Quiet

--o Allow output files to overwrite existing files

--q Quiet module output

* Parametri:

input Name of input raster map *ime vhodnega rastra*

clutter\_map Clutter raster map with *ime vhodne cllutter datoteke*

path loss coefficients *rastra*

output Name for output raster map *ime izhodnega rastra*

A0 Parameter A0 *korekcijski faktor*

A1 Parameter A1 *korekcijski faktor*

A2 Parameter A2 *korekcijski faktor*

A3 Parameter A3 *korekcijski faktor*

coordinate Base station coordinates *koordinate oddajnika – v*

*obliki x,y*

ant\_height Height of the anntenas (m) *višina oddajnika, podana v*

default: 10 *metrih,*

*privzeta vrednost je 10 m*

radius Radius of calculation (km) *največja razdalja od,*

default: 10 *oddajnika, v kilometrih,*

p*rivzeta vrednost je 10 km*

frequency Frequency (MHz) *nosilna frekvenca,*

*podana v MHz*

default\_DEM\_height

Default terrain height *višina terena na mestih*

*nedefinirane vhodne DEM*

*raster datoteke*

default\_CLUT\_value

Default clutter value *vrednost slabljenja terena na*

*mestih, kjer vhodna datoteka*

*rabe tal ni definirana*

* Primer klica:

r.ericsson input=dem\_ljubljana\_25@PERMANENT clutter\_map=clut\_ljubljana25\_converted@PERMANENT output=err\_ljubljana\_25m A0=42 A1=42 A2=-12 A3=0.1 coordinate=460810,104000 ant\_height=10 radius=10 frequency=2040 default\_DEM\_height=100 default\_CLUT\_value=5 --overwrite

## Modul *r.cost231*

Modul *r.cost231* predstavlja implementacijo modela COST231. Model je v bistvu razširitev modela Okumura-Hata za višja frekvenčna področja. Model je uporaben za frekvenčno območje 1500 MHz – 2000 MHz, višino oddajnika med 30 in 200 m, sprejemne postaje med 1 m in 20 m in oddaljenost oddajnika od sprejemnika med 1 km in 20 km [15]. Osnova je model Hata za primestno okolje

 (10)

kjer je *C=0* za srednja mesta in primestna okolja in *C=3* za centre velikih mest. V enačbi (10) je *f* nosilna frekvenca, *d* razdalja med oddajnikom in sprejemnikom, parameter *h* predstavlja višinsko razliko med oddajnikom in sprejemnikom, *hr* pa višino sprejemnika nad tlemi. *a(hr)* je korekcijski faktor višine podan z enačbo

 (11)

Model je prilagojen za uporabo pri višjih frekvencah. Primeren je predvsem za srednja in velika mesta ob predpostavki, da je antena bazne postaje postavljena nad okoliške stavbe. Model le delno upošteva konfiguracije terena (efektivna višina *h* v enačbi (10)). Posledic tega je, da model tudi za večjimi geografskimi ovirami predvidi signal, kot da ovir nebi bilo. Primer izračuna za področje Ljubljane je prikazan na sliki 6.

cost231_ljubljana_with_legende.TIF

Slika 6: Izračun pokritja območja Ljubljane z radijskim signalom pri 2040 MHz z modulom *r.cost231*.

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani spodaj. Poleg parametrov so v oklepajih izpisani komentarji.

* Ukaz:

r.cost231 [-q] input=name output=name coordinate=x,y [ant\_height=value] [radius=value] [area\_type=string] frequency=value [default\_DEM\_height=value] [--overwrite] [--quiet]

* Zastavice:

-q Quiet

--o Allow output files to overwrite existing files

--q Quiet module output

* Parametri:

input Name of input raster map *ime vhodnega rastra*

output Name for output raster map *ime izhodnega rastra*

coordinate Base station coordinates *koordinate oddajnika –*

*v obliki x,y)*

ant\_height Height of the anntenas (m) *višina oddajnika, podana*

default: 10 *v metrih,*

*privzeta vrednost je 10 m*

radius Radius of calculation (km) *(največja razdalja od*

*oddajnika, v kilometrih,*

default: 10 *privzeta vrednost je 10 km*

area\_type Type of area *tip terena,*

options:medium\_cities,metropolitan *možnosti: srednja mesta,*

default: medium\_cities *velika mesta*

*privzeta vrednost:*

*srednja mesta*

frequency Frequency (MHz) *nosilna frekvenca,*

*podana v MHz*

default\_DEM\_height

Default terrain height *višina terena na mestih*

*nedefinirane vhodne DEM*

*raster datoteke*

* Primer klica:

r.cost231 input=dem\_ljutomer\_25@PERMANENT output=cost231\_ljutomer\_25 coordinate=594497,163319 ant\_height=10 radius=10 area\_type=medium\_cities frequency=2040 default\_DEM\_height=10 --overwrite

## Modul *r.waik*

Modul *r.waik* predstavlja izvedbo modela Walfisch-Ikegami [15]. Model je bil razvit v okviru COST231. Je semi-determinističen model, ki se uporablja za izračunavanje izgube poti v mikro celicah. Temelji na modelih Walfisch-Bertoni [16] in Ikegami [17]. Model predvideva dva osnovna načina izračunavanja izgub poti:

* med oddajnikom in sprejemnikom obstaja vidljivost (LOS) in
* med oddajnikom in sprejemnikom ni vidljivosti (NLOS).

Model velja za razdalje *d* med 0,02 km in 5 km ter v frekvenčnem področju med 800 MHz in 2 GHz.

V primeru LOS je izguba poti v uličnem kanjonu enaka

 (12)

Prva konstanta v enačbi je določena tako, da je izguba poti *L* pri 20 m enaka slabljenju v praznem neomejenem prostoru. Model predvideva, da je višina antene oddajnika večja od 30 m, in da v prvi Fresnelovi coni ni ovir. Moč signala pada s potenco 2,6 z razdaljo.

V primeru ko ni vidljivosti med oddajnikom in sprejemnikom, pa model upošteva naslednje parametre:

* višina oddajnika: *ht* (od 4 m do 50 m),
* višina sprejemnika: *hr* (od 1 m do 3 m),
* višina stavb: *hroof* (3 m × število nadstropij plus 3 m za dvokapnice in 0 m za ravne strehe),
* višina antene oddajnika nad višino strehe: *Δht=ht-hroof*,
* višina antene sprejemnika pod višino strehe: *Δhr=hroof-hr*,
* razmik med stavbami: *b* (če ni podatkov je priporočljiva vrednost med 20 m in 50 m),
* širina ulice: *w*,
* kot vpada radijskih žarkov: *φ* (če ni podatka, je priporočena vrednost je 90°).

Izguba poti je sestavljena iz treh členov:

* izguba v praznem in neomejenem prostoru

 (13)

* izguba zaradi uklona in sipanja *Lrts* in
* izguba zaradi večkratnega prikrivanja *Lmsd*

 (14)

Izguba zaradi uklona in sipanja je

 (15)

kjer je

 (16)

izguba zaradi orientacije.

Izguba zaradi večkratnega prikrivanja je definirana kot

 (17)

kjer je

 (18)

dobitek senčenja. Parametra *ka* in *kd* sta odvisna od dolžine poti *d* in višine oddajnika nad nivojem streh ter sta podana z

 (19)

 (20)

Parameter *ka* predstavlja povečanje izgube poti, kadar je oddajnik postavljen pod nivo strehe, parametra *kd* in *kf* pa izgubo poti zaradi oddaljenosti in frekvence. Slednji je podan z enačbo

 (21)

Parameter *kf1*ima vrednost 1,5 za centre mest in 0,7 drugače.

Model COST231-Walfish-Ikegami dobro predvideva izgubo poti, kadar se antene oddajnika nahajajo nad nivojem strehe. Rezultati predikcije pa so slabi, če se antena oddajnika nahaja pri tleh, saj model ne upošteva efekta valovoda v uličnih kanjonih velikih mest. Grafični prikaz primera izračuna po tem postopku je podan na sliki 777.

waik_ljubljana_2m_all.TIF

Slika 7: Izračun pokritja Ljubljanske kotline z radijskim signalom pri 2040 MHz z modulom *r.waik* in upoštevanjem slabljenja rabe tal

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani v nadaljevanju. Poleg parametrov so v oklepajih izpisani komentarji.

* Ukaz:

r.waik [-q] input=name clutter\_map=name output=name w=value b=value Hroof=value PHI\_Street=value area\_type=string coordinate=x,y [ant\_height=value] frequency=value [radius=value] [default\_DEM\_height=value] [default\_CLUT\_value=value] [--overwrite] [--verbose] [--quite]

* Zastavice:

-q Quiet

--o Allow output files to overwrite existing files

--v Verbose module output

--q Quiet module output

* Parametri:

input Name of input raster map *ime vhodnega rastra*

clutter\_map Clutter raster map with *ime vhodne cllutter datoteke*

path loss coefficients *rastra*

output Name for output raster map *ime izhodnega rastra*

w Widths of roads *širina ulic*

b Building separation *razmik med stavbami*

Hroof Heights of buildings *višina stavb*

PHI\_Street Street orientation angle orientacija ulice v stopinjah, privzeta vrednost je 90°

area\_type Type of area *tip terena,*

options: medium\_sized\_cities, *možnosti:* *srednje velika mesta,*

*metropilitan centri velikih mest*

default: medium\_sized\_cities *srednje velika mesta*

coordinate Base station coordinates *koordinate oddajnika – v*

*obliki x,y*

ant\_height Height of the anntenas (m) *višina oddajnika, podana v*

default: 10 *metrih,*

*privzeta vrednost je 10 m*

frequency Frequency (MHz) *nosilna frekvenca,*

*podana v MHz*

radius Radius of calculation (km) *največja razdalja od,*

default: 10 *oddajnika, v kilometrih,*

p*rivzeta vrednost je 10 km*

default\_DEM\_height

Default terrain height *višina terena na mestih*

*nedefinirane vhodne DEM*

*raster datoteke*

default\_CLUT\_value

Default clutter value *vrednost slabljenja terena na*

*mestih, kjer vhodna datoteka*

*rabe tal ni definirana*

* Primer klica:

r.waik input=dem\_ljubljana2@PERMANENT clutter\_map=clut\_ljubljana2@PERMANENT output=waik\_ljubljana\_2m w=12 b=30 Hroof=15 PHI\_Street=90 area\_type=medium\_cities coordinate=462439,102821 ant\_height=10 frequency=2040 radius=10 default\_DEM\_height=100 default\_CLUT\_value=5 –overwrite

# Izračun dodajanje vpliva smernega diagrama antene

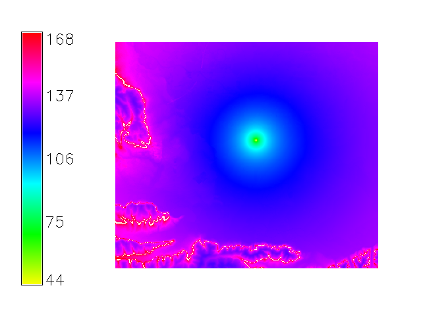
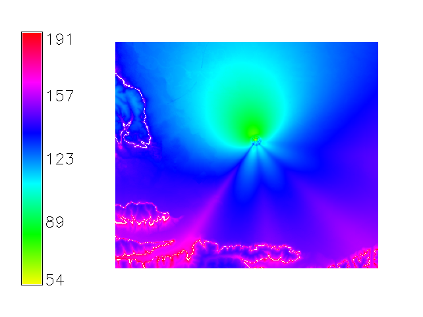
## Modul *r.sector*

Z modulom *r.sector* se določi vpliv smernega diagrama antene na model slabljenja za pripadajočo izotropno anteno. Poleg rastra, ki podaja slabljenje za izotropno anteno (pathloss\_raster), modul na vhodu prebere podatke o zamiku antene v horizontalni smeri (beam\_direction), zamiku v vertikalni smeri (mech\_tilt) in o višini antene (height\_agl). Preostali vhodni parametri služijo določanju pozicije antene (DEM\_raster, east, north). Podana je tudi pot do datoteke in ime datoteke, ki vsebuje smerni diagram uporabljene antene (ant\_data\_file). Poleg smernega diagrama vsaka datoteka vsebuje tudi podatek o dobitku antene glede na dipolno anteno, izražen v dBd. Da bi dobili dobitek v enotah dBi, tej vrednosti prištejemo še 2,15 dB.

Modul za vsako točko v vhodnem rastru izračuna horizontalni in vertikalni kot med glavnim snopom antene in daljico, ki povezuje oddajnik in sprejemnik. Nato iz smernega diagrama odčita dodatno slabljenje, ki ustreza obema kotoma. Če kot, izražen v kotnih stopinjah, ni celo število, se izvede interpolacija. Od originalnega slabljenja izotropne antene se nato obe vrednosti, za horizontalno in vertikalno smer, odštejeta, prišteje pa vrednost dobitka, izraženega v dBi. Primer izračuna je grafično prikazan na sliki 9.



Slika : Primer smernih diagramov anten



r.sector

Slika 9: Primer vhodnega in izhodnega rastra modula *r.sector*

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani spodaj. Poleg parametrov so v oklepajih izpisani komentarji.

* Ukaz:

r.sector [-q] pathloss\_raster=name DEM\_raster=name output=name ant\_data\_file=path beam\_direction=value mech\_tilt=value height\_agl=value east=value north=value [default\_DEM\_haight=value] [radius=value] [--overwrite] [--verbose] [--quiet]

* Zastavice:

-q Quiet

--o Allow output files to overwrite existing files

--v Verbose module output

--q Quiet module output

* Parametri:

pathloss\_raster Omni antenna pathloss raster *ime vhodnega rastra, ki podaja*

*slabljenje izotropne antene*

DEM\_raster Elevation model – required for *ime vhodnega rastra, ki podaja*

transmitter height determination *elevacijski model*

output Name for output raster map *ime izhodnega rastra*

ant\_data\_file Path to antenna diagram file *pot do datoteke, ki vsebuje*

*diagram izbrane antene*

beam\_direction Beam direction *smer glavnega snopa,*

*podana v °*

mech\_tilt Mechanical antenna tilt *mehanični tilt, podan v °*

height\_agl Above ground level height *višina antene nad tlemi*

antenna\_type Type of antenna (6 number code) *6-mestna koda tipa antene*

east Easting coordinate *koordinata antene, smer vzhod*

north Northing coordinate *koordinata antene, smer sever*

default\_DEM\_height

Default terrain height *višina terena na mestih*

*nedefinirane vhodne DEM*

*raster datoteke*

radius Radius of calculation (km) *največja razdalja od,*

default: 10 *oddajnika, v kilometrih,*

p*rivzeta vrednost je 10 km*

* Primer klica:

r.sector pathloss\_raster=err\_ljutomer\_10feb DEM\_raster=dem\_ljutomer\_25@PERMANENT output=sector\_new ant\_data\_file=/usr/local/src/grass62/grass-6.2.3/dist.i686-pc-linux-gnu/etc/radio\_coverage/antenna\_diagrams/742212\_2140\_X\_CO\_M45\_01T.MSI beam\_direction=50 mech\_tilt=2 height\_agl=34 east=594497 north=163319 default\_DEM\_height=100 radius=10 –overwrite

# Razvrstitev celic po jakosti signala in zapis v bazo podatkov

## Modul *db.GenerateTable*

Modul *db.GenerateTable* generira tabelo, v katero se kasneje vpisuje rezultate opravljenih simulacij (v modulu *r.MaxPower*). Upravljanje podatkovne baze je možno z naslednjimi gonilniki:

* DBF (privzeti) (terminalski ukaz: dbf)
* MySQL (terminalski ukaz: mysql)
* PostgreSQL (terminalski ukaz: pg)

Vhodni podatki v modul so ime tabele, ki jo želimo tvoriti, ime gonilnika in pripadajoče podatkovne baze ter število celic (*N*), za katere želimo shraniti vrednost moči sprejetega signala (vrednosti so urejene od najvišje proti najnižji).

Organizacija atributov podatkovne baze je predstavljena v spodnji tabeli.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *atributi* | **x** | **y** | **resolution** | **cell1** | **Pr1** | **model1** | **…** | **cell*N*** | **Pr*N*** | **model*N*** | Ec/N0 |
| *format zapisa* | INT 6 | INT 6 | INT 4 | STR 10 | INT 6 | STR 35 | … | STR 10 | INT 6 | STR 35 | INT 6 |

Tabela : Shema organizacije podatkovne baze

Razlaga atributov:

1. **x**: x koordinata geografske lokacije, v Gauss-Krugerjevem koordinatnem zapisu (6 mestno celo št.).
2. **y**: y koordinata geografske lokacije, v Gauss-Krugerjevem koordinatnem zapisu (6 mestno celo št.).
3. **resolution**: resolucija izbranega DEM rastra, zapisana v m.
4. **cell1**: ime celice, za katero vpisujemo izračunano vrednost.
5. **Pr1**: izračunana vrednost moči sprejetega signala, zapisana kot celo število.
6. **model1**: Model kanala, ki je bil uporabljen pri izračunu vrednosti za dano celico.
7. **Ec/N0**: razmerje med močjo najmočnejšega signala ter vsoto moči vseh sprejetih signalov.

Atributi 4,5 in 6 se ponovijo *N*-krat.

Privzeti gonilnik je DBF. V tem primeru je tabela shranjena kot datoteka *'ime\_tabele'.dbf*, nahaja pa se na lokaciji $GISDBASE/$LOCATION/$MAPSET/dbf (prvi trije naslovi predstavljajo delovno okolje (lokacija, nabor map), v katerem je trenutni uporabnik).

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza za zagon modula v terminalskem načinu je naslednja (oglati oklepaj pomeni, da je ukaz opcijski):

* Ukaz:

db.GenerateTable [-o] table=name driver=name database=name cell\_num=value [‑‑quiet].

* Zastavice:

--o allow table overwrite *Če tabela z izbranim imenom že*

*obstaja, jo bo modul prepisal*

*z novo, prazno tabelo. Če*

*zastavice ne označimo, se bo, v*

*primeru že obstoječe tabele*

*z enakim imenom, izvajanje*

*modula prekinilo.*

--quiet quiet module output

* Parametri:

table table name *ime tabele*

driver driver name *ime gonilnika*

database database name *ime podatkovne baze*

cell\_num number of cells *število celic v bazi*

* Primer klica:

db.GenerateTable -o table=test driver=dbf database=$GISDBASE/$LOCATION/$MAPSET/dbf cell\_num=5.

## Modul *r.MaxPower*

V modulu *r.MaxPower* se izračuna moči sprejetih signalov za celice, zajete v simulaciji, in se jih uredi od najvišje proti najnižji. *N* najvišjih vrednosti se zapiše v tabelo, ki smo jo generirali z modulom *db.GenerateTable*. Gonilnik za upravljanje z bazo podatkov mora biti enak kot tisti, izbran v modulu *db.GenerateTable.*

Za vsako točko v vhodnem rastru modul najprej za vsako celico (na podlagi slabljenja (izračunanega z modulom *r.sector*) in oddajne moči celice) izračuna sprejeto moč ter vrednosti uredi po velikosti od najvišje proti najnižji. Nato tvori primeren SQL ukaz za vpis podatkov v predhodno pripravljeno tabelo. Vpiše le prvih *N* vrednosti, oziroma vse vrednosti, kadar je število celic, zajetih v simulaciji, nižje od *N*. Število *N* je določeno v modulu *db.GenerateTable*. V tabelo vpiše tudi vrednost parametra Ec/N0 v dB za najmočnejši signal v posamezni točki. Parameter Ec/N0 določa razmerje med močjo izbranega signala ter vsoto moči vseh sprejetih signalov na določeni lokaciji.

Primer zapisa v podatkovno bazo je podan v spodnji tabeli.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *attribute* | **x** | **y** | **resolution** | **cell1** | **Pr1** | **model1** | **…** | **cell*N*** | **Pr*N*** | **model*N*** | Ec/N0 |
| *format* | INT | INT | INT | STR | INT | STR |  | STR | INT | STR | INT |
| *example* | 590000 | 163000 | 25 | SLJUTKA | -8025 | Hata\_suburban | … | SBANOVB | -10536 | Hata\_suburban | -506 |

Tabela : Zapis izračunanih vrednosti s pripadajočimi podatki v podatkovno bazo

**Opomba**: Vrednosti izračunanih moči ter vrednost parametra Ec/N0 so zaradi manjše porabe spomina pomnožene s faktorjem 100 in v tabelo zapisane kot celo število, kar pomeni, da vrednost sprejete moči ‑8025 predstavlja dejansko izračunano vrednost ‑80.25 dBm.

Modul tvori tudi izhodni raster, v katerem je podana najvišja sprejeta moč za posamezno točko (slika 10).

out_err_ljutomer_all.TIF

Slika 10: Izračun pokritja območja Ljutomera z radijskim signalom pri 2040 MHz z modelom Ericsson.

Če v ukazu za zagon modula za ime gonilnika izberemo *driver=none*, bo modul preskočil pisanje rezultatov v bazo podatkov ter tvoril le raster najvišjih vrednosti sprejetih moči. S tem se občutno zmanjša čas, potreben za izvajanje modula. Parameter *database* je v tem primeru brezpredmeten.

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza za zagon modula v terminalskem načinu je naslednja (oglati oklepaj pomeni, da je ukaz opcijski).

* Ukaz:

r.MaxPower cell\_input=file\_name output=name table=name driver=name database=name [‑-overwrite] [--quiet].

* Zastavice:

--overwrite dovoljuje prepis obstoječe datoteke z izhodnim rastrom

--quiet quiet module output.

* Parametri:

cell\_input list of cells *datoteka s seznamom celic,*

*ki so zajete v simulacijo in s pripadajočimi podatki.*

output output raster file ime izhodne rastrske datoteke

table output table name ime tabele (enak imenu

tabele v modulu

db.GenerateTable).

driver driver name *ime gonilnika*

database database name *ime podatkovne baze*

Vhodna datoteka (parameter cell\_input) vsebuje podatke o številu simuliranih celic, imenu posamezne celice, imenu vhodnih rastrov (iz modula *r.sector*), oddajni moči celic in modelu kanala, ki je bil uporabljen za posamezno celico.

* Primer klica:

r.MaxPower cell\_input=/home/grass/source/grass-6.4.ORC3/doc/raster/r.MaxPower/cell\_data\_file.dat output=MaxPower\_Ljutomer table=test driver=dbf database=$GISDBASE/$LOCATION/$MAPSET/dbf --overwrite.

# Python skripta

Skripta *r.radcov* (»RADio COVerage«) poskrbi za celotno izvedbo izračuna pokritja z radijskim signalom oddajnikov v izbranem geografskem področju. V ta namen prebere vhodno tabelarično datoteko s seznamom in podatki o oddajnikih ter kliče module za:

* izračun modela za posamezno lokacijo oz. sektor (*r.hata*, *r.cost231*, *r.ericsson*)
* izračun sektorja – upoštevanje smernega diagrama antene (*r.sector*)
* izračun celotnega pokritja (*db.GenerateTable* in *r.MaxPower*)

To opravilo se zdi relativno enostavno, vendar so stvari bistveno bolj zapletene zaradi dejstva, da skripta opravlja nalogo uporabniškega vmesnika za celotno izračunavanje, ki mora poskrbeti za kontrolo ustreznosti oz. pravilnosti vhodnih podatkov in parametrov ter javljanje napak.

Skripta *r.radcov* je pisana v jeziku Python verzija 2.4 (oz. kasnejša 2.x). Za svoje delovanje potrebuje okolje GRASS, zato teče samo v tem okolju (preskušeno z verzijo 6.2 in 6.4 za Linux).

Poleg skripte *r.radcov* obstajata še dve pomožni skripti za pripravo in preverjanje antenske preslikovalne datoteke, *m.msi2antmap* in *m.checkantmap*, ki sta opisani v zadnjem podpoglavju tega poglavja.

## Vhodna tabelarična datoteka

Vhodna tabelarična datoteka, imenujmo jo »sektorska tabela«, vsebuje podatke o vseh oddajnih sektorjih, ki jih želimo upoštevati pri izračunu pokritja. Posamezen sektor pomeni pokrivanje geografskega področja s posamezno oddajno radijsko anteno, na posamezni lokaciji (bazni postaji) pa je običajno več sektorjev.

Skripta *r.radcov* zahteva, da je sektorska tabela zapisana v formatu CSV (»Comma-Separated Values«, [18]). Tabelo lahko pripravimo z različnimi orodji, ki omogočajo zapis v ta format, recimo MS Excel (za MS Windows) ali OpenOffice spreadsheet (za Linux, MS Windows). Primer tabele za tri bazne postaje na področju Ljutomera je naslednji:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| userLabel | beamDirection | electricalTiltAngle | mechanicalAntennaTilt | heightAGL | antennaType | positionEast | positionNorth | power | radius | model | P1 | P2 | P3 | P4 |
| SBANOVA | 110 | 0 | 2 | 31,7 | 742213 | 590020 | 159380 | 25,3 | 10 | ericsson | 42,0 | 42,0 | ‑12,0 | 0,1 |
| SBANOVB | 240 | 0 | 2 | 33,7 | 742213 | 590020 | 159380 | 25,3 | 10 | ericsson | 42,0 | 42,0 | ‑12,0 | 0,1 |
| SBANOVC | 330 | 0 | 2 | 33,7 | 742213 | 590020 | 159380 | 25,3 | 10 | ericsson | 42,0 | 42,0 | ‑12,0 | 0,1 |
| SBELTIA | 50 | 0 | 2 | 34 | 742213 | 594497 | 163319 | 27,4 | 10 | ericsson | 42,0 | 42,0 | ‑12,0 | 0,1 |
| SBELTIB | 130 | 0 | 1 | 34 | 742213 | 594497 | 163319 | 27,4 | 10 | ericsson | 42,0 | 42,0 | ‑12,0 | 0,1 |
| SBELTIC | 325 | 0 | 1 | 34 | 742213 | 594497 | 163319 | 26,4 | 10 | ericsson | 42,0 | 42,0 | ‑12,0 | 0,1 |
| SLJUTKA | 120 | 1 | 0 | 22 | 742265 | 592182 | 153422 | 27,5 | 10 | ericsson | 42,0 | 42,0 | ‑12,0 | 0,1 |
| SLJUTKB | 310 | 1 | 0 | 22 | 742265 | 592182 | 153422 | 27,5 | 10 | ericsson | 42,0 | 42,0 | ‑12,0 | 0,1 |

Ustrezen zapis v formatu CSV bi bil naslednji:

"userLabel","beamDirection","electricalTiltAngle","mechanicalAntennaTilt","heightAGL","antennaType","positionEast","positionNorth","power","radius","model","P1","P2","P3","P4","P5"

"SBANOVA",110,0,2,"31,7",742213,590020,159380,"25,3",10,"ericsson",42,42,-12,"0,1",

"SBANOVB",240,0,2,"33,7",742213,590020,159380,"25,3",10,"ericsson",42,42,-12,"0,1",

"SBANOVC",330,0,2,"33,7",742213,590020,159380,"25,3",10,"ericsson",42,42,-12,"0,1",

"SBELTIA",50,0,2,34,742213,594497,163319,"27,4",10,"ericsson",42,42,-12,"0,1",

"SBELTIB",130,0,1,34,742213,594497,163319,"27,4",10,"ericsson",42,42,-12,"0,1",

"SBELTIC",325,0,1,34,742213,594497,163319,"26,4",10,"ericsson",42,42,-12,"0,1",

"SLJUTKA",120,1,0,22,742265,592182,153422,"27,5",10,"ericsson",42,42,-12,"0,1",

"SLJUTKB",310,1,0,22,742265,592182,153422,"27,5",10,"ericsson",42,42,-12,"0,1",

Skripta *r.radcov* samodejno prepozna in sprejme tudi prilagojeno različico CSV, ki jo uporablja program MS Excel v državah, ki uporabljajo decimalno vejico in ne pike (večina Evrope), v tem primeru se uporablja za ločilo med polji podpičje namesto vejice. Spodnja dva primera prikazujeta standarden in prilagojen (»evropski«) zapis vrstice iz programa MS Excel:

SBANOVA,110,0,2,31,7,742213,590020,159380,25.3,10,ericsson,42,42,-12,0.1

SBANOVA;110;0;2;31;7;742213;590020;159380;25,3;10;ericsson;42;42;-12;0,1

Prva vrstica z imeni stolpcev je obvezna, imena se morajo ujemati. Vsebina stolpcev v naslednjih vrsticah mora bit v skladu s pričakovanim tipom podatka - celoštevilčno/decimalno število s spodnjo in zgornjo mejno vrednostjo ali določen znakovni niz. Vsebina v določenem stolpcu lahko vpliva na vsebino v nadaljnjih desnih stolpcih, kar velja za stolpec za izbiro modela. Ta pravila so določena na prilagodljiv način na začetku skripte, kar je podrobno opisano kasneje v posebnem podpoglavju.

Stolpci, ki jih vsebuje sektorska tabela, so podrobneje predstavljeni v naslednji tabeli:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ime | Tip | Dovoljena vrednost | Opis |
| userLabel | ul | (glej opis) | Ime sektorja (črke 'A'..'Z', 'a'..'z', številke, '\_', '-') |
| beamDirection | i | 0..360 | Horizontalna usmeritev antene |
| electricalTiltAngle | i | 0..10 | Električna vertikalna usmeritev antene |
| mechanicalAntennaTilt | i | -90..+90 | Mehanska vertikalna usmeritev antene |
| heightAGL | f | 0,0..300,0 | Višina antene nad terenom |
| antennaType | i | 742200..742399 | Tip antene |
| positionEast | i | 400000..600000 | Pozicija antene – zemljepisna dolžina |
| positionNorth | i | 100000..200000 | Pozicija antene – zemljepisna širina |
| power | f | 0,0..50,0 | Oddajna moč v dBm (1mW..100W) |
| radius | f | 0,0..100,0 | Največja upoštevana oddaljenost od antene v km |
| model | s | 'hata'  'cost231'  'ericsson' | Model širjenja radijskega signala |
| Parametri P1..P4 za model Hata | | | |
| P1 | s | 'urban' 'suburban' 'open' | Tip okolja za model Hata |
| P2 | - | *(ni uporabljeno)* |  |
| P3 | - | *(ni uporabljeno)* |  |
| P4 | - | *(ni uporabljeno)* |  |
| Parametri P1..P4 za model Cost231 | | | |
| P1 | s | 'metropolitan' 'medium\_cities' | Tip okolja za model Cost231 |
| P2 | - | *(ni uporabljeno)* |  |
| P3 | - | *(ni uporabljeno)* |  |
| P4 | - | *(ni uporabljeno)* |  |
| Parametri P1..P4 za model Ericsson | | | |
| P1 | f | brez omejitev | Parameter A0 modela Ericsson |
| P2 | f | brez omejitev | Parameter A1 modela Ericsson |
| P3 | f | brez omejitev | Parameter A2 modela Ericsson |
| P4 | f | brez omejitev | Parameter A3 modela Ericsson |

Tip pomeni naslednje:

ul : poseben tip za *UserLabel* – znakovni niz, dovoljene znaki so črke ('A'..'Z', 'a'...'z'), številke, podčrtaj in pomišljaj.

i : celoštevilčna vrednost, definirana zgornja in spodnja meja, če imata obe meji vrednost nič, vrednost števila ni omejena. Število v sektorski tabeli ne sme imeti decimalne vejice/pike.

f : decimalna vrednost, definirana zgornja in spodnja meja, če imata obe meji vrednost nič, vrednost števila ni omejena. Število v sektorski tabeli je lahko brez decimalne vejice/pike.

s : znakovni niz, ujemati se mora z enim iz spiska dovoljenih. Pri tem je možno razvejanje na več variant. Konkretno je to v primeru stolpca *model*, ki ima lahko vsebino *hata*, *cost231*, *ericsson* ali *waik*, glede na izbrani model pa potem veljajo ustrezna pravila za nadaljnje (desne) stolpce s parametri za model, kot je to prikazano v zgornji tabeli.

- : poljubna vsebina.

Vsebina v posameznem polju mora biti ustrezna glede na tako določen tip polja, dodatno pa se še preveri enoličnost vsebine prvega polja (*userLabel* – ime sektorja), ki se v tabeli ne sme ponoviti (to polje je namenjeno predvsem uporabniku kot pomoč za identifikacijo sektorja, pri sami obdelavi pa nima posebnega pomena).

### Posebnosti formata CSV

V standardni obliki [18] uporablja CSV za ločitev med polji (»field delimiter«) vejico (kot pove že ime formata), za decimalno ločilo pa piko, kar ustreza okolju ZDA. V evropskem okolju (z izjemo VB in Irske) se namesto decimalne pike praviloma uporablja decimalna vejica, kot ločilo med polji pa MS Excel v tem primeru uporablja podpičje. Standardna rešitev (kakršno uporablja npr. tudi OpenOffice v okolju Linux) bi bila uporaba vejice kot ločila med polji ter uporaba dvojnih narekovajev (»text delimiter«) za razrešitev nastalega konflikta (decimalna števila z vejico so zapisana med narekovajema).

Skripta *r.radcov* samodejno prepozna oba zapisa, kot decimalno ločilo se lahko uporablja tako vejica kot pika (skripta predela za svojo nadaljnjo obdelavo vse vejice v decimalnih številskih poljih v pike).

### Uporaba znaka #

Znak # kot prvi znak v vrstici oz. kot prvi znak imena sektorja (*userLabel*) pomeni, da se ta vrstica ignorira. Stvar ni namenjena komentarjem (čeprav bi bila možna tudi taka uporaba) ampak temu, da se lahko na relativno enostaven način vključuje in izključuje posamezne radijske sektorje iz celotne obdelave, in da pri tem ni potrebno v celoti izbrisati podatkov izključenega sektorja iz vhodne tabele.

## Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani spodaj.

* Ukaz:

r.radcov [-rpc] csv\_file=string antmap\_file=string dem\_map=string

[default\_height=value] [clutter\_map=string] [default\_clutter=value]

[region=string] frequency=value cellnum=value out\_map=string

db\_driver=string database=string out\_table=string [procnum=value]

[--overwrite]

* Zastavice:

-r Recalculate all sector *zahteva ponovni izračun vseh*

radio coverage files *modelov in sektorjev,*

*tudi če ustrezne izračunane*

*rastrske datoteke že obstajajo;*

*TO MORAMO ZAHTEVATI V PRIMERU*

*SPREMEMBE GEOGRAFSKEGA*

*PODROČJA (zemljevida ali*

*regije=)!!!*

-p (purge) Delete all unused *»purge« - zahteva brisanje*

sector radio coverage files *obstoječih prej izračunanih*

*rastrskih datotek za modele in*

*sektorje, ki v tej simulaciji*

*niso potrebni)*

-c (check) Test run without actually *»check« - testno izvajanje* performing radio coverage *skripte brez dejanskega*

computation *klica modulov za izračun*

*pokritja*

--o Allow output files to *to se nanaša samo na*

overwrite existing files  *izhodni datoteki, določeni*

*z output= in table=*

--v Verbose module output

--q Quiet module output

* Parametri:

csv\_file Radio cell/sector table *ime vhodnega tabele s*

in CSV format *seznamom in podatki za*

default: sector\_table.csv *(vse oddajne sektorje)*

antmap\_file Antennas map file *datoteka preslikav anten*

default: $GISBASE/etc/¬ *(ime → smerni diagram)*

radio\_coverage/antennamap

dem\_map DEM file for radio *vhodna rastrska datoteka*

coverage simulation *z elevacijskim modelom*

default: dem\_map@PERMANENT *uporabljenega geografskega*

*področja*

default\_height Default DEM height *privzeta višina (kjer ni*

*določena z datoteko dem\_map)*

clutter\_map Clutter map file *vhodna rastrska datoteka*

(required for Ericsson model) *z modelom radijskih lastnosti*

default: clutter\_map@PERMANENT *terena uporabljenega*

*geografskega področja,*

*potrebna je zgolj pri uporabi*

*modula r.ericsson*

default\_clutter Default clutter attenuation *privzeta vrednost slabljenja*

*terena (kjer ni določeno z*

*datoteko clutter\_map)*

region Computation region (dem,current or *določitev geografskega področja* region,rast,n,e,s,w,res - see *izračuna (podrobnejši opis je v* g.region) *posebnem podpoglavju spodaj)*

default: dem

frequency Radio frequency *oddajna frekvenca v MHz*

default: 900

cellnum Number of succesive *število najmočnejših sprejetih*

path loss values *sektorskih signalov v posamezni*

to be written in the table *točki rastra, ki se*

default: 5 *zapisujejo v izhodno*

*podatkovno tabelo*

out\_map Simulated radio coverage *izhodna rastrska datoteka*

- raster (output) s sprejeto močjo (v dBm)

default: out\_raster *najmočnejšega signala*

*v posamezni točki uporabljenega*

*geografskega področja*

db\_driver Database driver *izbira tipa podatkovne baze oz.*

options: none,dbf,mysql,pg *pripadajočega gonilnika (za*

default: none *izhodno tabelo)*

database Database name *ime podatkovne baze (za tabelo)*

default: $GISDBASE/$LOCATION\_NAME/¬

$MAPSET/dbf

out\_table Simulated radio coverage *izhodna podatkovno tabela*

- db table (output) *v formatu dbf s podatki*

default: out\_db *o določenem številu (=cell\_num)*

*najmočnejših sprejetih signalov*

*v vsaki točki rastra za*

*izbrano geografsko področje*

*procnum Number of parallel processes število vzporedno izvajanih*

*(-1: automatic, 0: non-parallel) modulov za izračun pokritja*

*default: -1 (modelov ali sektorjev)*

* Primer klica:

r.radcov --o csv\_file=csv/Ljutomer\_ericsson.csv frequency=2040 dem\_map=dem\_ljutomer\_25 clutter\_map=clut\_ljutomer25\_converted out\_map=out\_ljut\_ericsson\_mysql db\_driver=mysql database=grass out\_table=out\_ljut\_ericsson\_mysql

## Pomembnejši podatki o izvajanju in notranji zgradbi skripta

Delovanje skripte lahko razdelimo na naslednje ključne korake:

* obdelava klicnih parametrov,
* včitanje in obdelava antenske preslikovalne tabele,
* včitanje in obdelava sektorske tabele,
* določitev geografskega področja izračuna,
* izračun modelov (hata, cost231, ericsson, waik) in sektorjev,
* na zahtevo: brisanje že obstoječih (prej izračunanih) nepotrebnih modelov in sektorjev,
* izračun celotnega pokritja (rastrska slika in podatkovna tabela v podatkovni bazi).

Podrobneje so opisani v naslednjih podpoglavjih.

Če ima računalnik na razpolago več procesorskih jeder ali procesorjev, se lahko hkrati vzporedno izračunava več modelov oz. več sektorjev. Klicni parameter *procnum* določa, koliko modulov (modelov ali sektorjev) se bo izvajalo vzporedno. To število je lahko tudi večje od števila jeder/procesorjev, v tem primeru bo izvajanje na razpoložljivem številu jeder/procesorjev deloma zaporedno (to velja tudi v primeru, ko je število jeder/procesorjev zadostno, vendar tečejo na računalniku še drugi procesi oz. aplikacije). Vrednost *procnum* določa število vzporednih izvajanj:

* 0: skripta ne uporablja načina za vzporedno izvajanje,
* -1: skripta sama ugotovi število jeder/procesorjev in požene enako število vzporednih izvajanj,
* pozitivna (celoštevilčna) vrednost: določa število vzporednih izvajanj.

V zadnji dveh primerih skripta uporablja način za vzporedno izvajanje tudi v primeru, da se hkrati izvaja samo eno izračunavanje (če je na voljo samo eno jedro/procesor ali če tako zahtevamo: *procnum=1*)

Ob koncu izvajanja izpiše skripta porabljen čas. To ni dejanski čas obdelave ampak pretečeni časa in je torej odvisen tudi od drugih procesov oz. aplikacij, ki tečejo na računalniku.

Skripta omogoča tudi izvajanje v posebnem testnem načinu (zastavica *-c*), pri čemer se dejanski klici modulov za izračun pokritja (izračun modelov, sektorjev in celotnega pokritja) ne izvedejo. Ta način je uporaben za preskus delovanja skripte skupaj s klicnimi parametri, antensko preslikovalno tabelo (s pripadajočimi datotekami z antenskimi sevalnimi diagrami), sektorsko tabelo (CSV datoteka), pri čemer izpiše tudi kompleten seznam (neizvedenih) klicev modulov za izračun pokritja.

### Obdelava klicnih parametrov

Okolje GRASS (*grass.parser*) poskrbi za začetno kontrolo klicnih parametrov in njihove privzete vrednosti v skladu z definicijami na začetku skripte (vrstice z #% na začetku). Neposredno na to je navezana tudi vgrajena pomoč (ukaz *r.radcov --help*) in okenski uporabniški vmesnik (ukaz *r.radcov* brez parametrov). Skripta *r.radcov* opravi potem še nekatere dodatne kontrole pravilnosti vhodnih parametrov.

### Včitanje in obdelava antenske preslikovalne tabele

Antenska preslikovalna tabela določa preslikavo imena antene ob upoštevanju električnega nagiba (»tilt«) antene (oba podatka sta iz že prej opisane vhodne sektorske tabele) v ime pripadajoče datoteke z definicijo antenskega sevalnega diagrama (v formatu MSI, [19]), ki jo potrebuje modul *r.sector* za svoje delovanje. Pri včitanju preslikovalne tabela preveri skripta pravilnost te tabele (napake lahko nastanejo pri ročnem urejanju) ter obstoj pripadajočih MSI datotek. Morebitne napake izpiše in v tem primeru prekine nadaljnje delovanje.

Preslikovalna datoteka ima lahko poljubno ime in lokacijo (pot navedemo kot parameter pri klicu *r.radcov*), privzeto pa je ime (celoten path) *$GISBASE/etc/radio\_coverage/antennamap*, kjer *$GISBASE* predstavlja osnovni imenik paketa GRASS (npr. *usr/local/grass-6.2.3*). Pripadajoče MSI datoteke so lahko v poljubnem imeniku oz. imenikih (določimo jih v preslikovalni datoteki), običajno pa se nahajajo v privzetem imeniku *$GISBASE/etc/radio\_coverage/antenna\_diagrams*.

Za pripravo preslikovalen tabele (samodejno glede na obstoječe MSI datoteke) in za njeno preverjanje obstajata dve pomožni skripti, *m.msi2antmap* in *m.checkantmap*, opisani na koncu tega poglavja.

#### Opis antenske preslikovalne datoteke

Preslikovalna datoteka je tekstovna datoteka, kjer posamezna vrstica vsebuje tri parametre, ločene z enim ali več presledki:

* oznaka tipa antene,
* električni nagib (»tilt«, v stopinjah, predvidene so celoštevilčne pozitivne vrednosti),
* pripadajoče ime antenske datoteke.

Z uporabo ključne besede *\_directory\_* določimo pot do imenika z antenskimi datotekami. Možno je določiti več imenikov, vsaka določitev velja do naslednje. Če imenika ne določimo sami, velja privzeti imenik, *$GISBASE/etc/antenna\_diagrams*, kjer $GISBASE pomeni osnovni namestitveni imenik programa GRASS.

»Planke« (#) označujejo komentar, besedilo od vključno # do konca vrstice se ignorira. Prazne vrstice se prav tako ignorirajo.

Spodnji primer preslikovalne datoteke preslika tip antene »742213« z električnim nagibom 0 º in 1º v MSI datoteki s pripadajočimi podatki sevalnih diagramov. Določitev imenika je v spodnjem primeru nepotrebna (redundančna, enaka je privzetemu imeniku).

# Primer preslikovalne tabele

\_directory\_ '$GISBASE/etc/antenna\_diagrams'

#ime\_tipa\_antene   elektricni\_tilt   ime\_antenske\_datoteke

742213 0 742213\_2140\_X\_CO\_M45\_00T.MSI #lahko dodamo komentar

742213 1 742213\_2140\_X\_CO\_M45\_01T.MSI

Uporaba narekovajev ni nujna, z njimi si pomagamo pri »čudnih« znakih (npr. presledek) v imenih. Ime tipa antene lahko načeloma vsebuje poljubne znake (seveda pa ne more biti \_directory\_), vendar je to bolj strogo omejeno v okviru skripte *r.radcov* v *cellTableDescrib* - glej dokumentacijo za *r.radcov* oz. vhodno tabelarično CSV datoteko v predhodnih poglavjih.)

### Včitanje in obdelava sektorske tabele

Sledi včitanje sektorske tabele – že opisane datoteke v formatu CSV, z avtomatskim prepoznavanjem standardne ali modificirane oblike (MS Excel - podpičja kot ločila med polji). Preveri se pravilnost vsebine te tabele. Pravila tabele so bila že opisana, v skripti pa so določena na prilagodljiv način z vsebino posebne spremenljivke *cellTableDescrib*. Dodatno k tem pravilom se preveri še enoličnost vsebine prvega stolpca - *userLabel*)*.*

#### Opis cellTableDescrib

Pravila sektorske tabele, kot so bila prej opisana, določa naslednja vsebina *cellTableDescrib*:

cellTableDescrib = [

['userLabel', 'ul'],

['beamDirection', 'i', [0, 360]],

['electricalTiltAngle', 'i', [0, 10]],

['mechanicalAntennaTilt', 'i', [-90, +90]],

['heightAGL', 'f', [0., 300.]],

['antennaType', 'i', [742200, 742399]],

['positionEast', 'i', [400000, 600000]],

['positionNorth', 'i', [100000, 200000]],

['power', 'f', [0., 50.]],

['radius', 'f', [0., 100.]],

['model', 's', ['hata'],['cost231'],['ericsson'],['waik']],

['P1', 's', ['urban', 'suburban', 'open'],\

's', ['metropolitan', 'medium\_cities'],\

'f', [0., 0.],\

's', ['metropolitan', 'medium\_cities']],

['P2', '-', '-', 'f', [0., 0.], 'i', [10, 25]],

['P3', '-', '-', 'f', [0., 0.], 'i', [20, 50]],

['P4', '-', '-', 'f', [0., 0.], 'i', [0, 300]],

['P5', '-', '-', '-', 'i', [0, 180]]

]

Spremenljivka *cellTableDescrib* je torej več-nivojska lista. Na osnovnem nivoju vsebuje listo stolpcev, ki je vsak spet opisan z listo. Opis posameznega stolpca vsebuje ime stolpca, tip stolpca (tipi so bili že opisani v poglavju o vhodni tabelarični datoteki), odvisno od tipa pa lahko sledijo pripadajoči parametri, ki so spet predstavljeni kot lista. Ti parametri predstavljajo omejitve vrednosti, bodisi numeričnih (tip *i* in *f*, minimalna in maksimalna vrednost) ali znakovnih (tip *s*, lista dovoljenih znakovnih nizov). V primeru razvejitve na variante (konkretno v primeru izbire modela, variante *hata*, *cost231*, *erisscon* in *waik*), so naslednji (desni) stolpci opisani z več tipi, po enim za vsako varianto (v zgornjem primeru so parametri P1-P5 opisani s po štirimi tipi, odvisno od prej izbranega modela).

Razvejitev se lahko izvede pri tipu *s*, in sicer tako, da mu sledi več list z dovoljenimi znakovnimi nizi. V zgornjem primeru povzroči naslednji opis stolpca *model* razvejitev v tri veje:

['model', 's', ['hata'],['cost231'],['ericsson'],['waik']]

Za razliko od zgornjega opisa naslednji opis ne bi povzročil razvejitve (in bi zahteval, da veljajo za vse tri modele enaka pravila za stolpce P1-P5):

['model', 's', ['hata', 'cost231', 'ericsson', 'waik']]

Skripta sama preverja pravilnost opisa v *cellTableDescrib* in javlja ustrezne diagnoze v primeru najdenih nepravilnosti.

### Določitev geografskega področja izračuna

»Področje« (*region*) v GRASS-u predstavlja pravokotno geografsko področje, ki ga določajo mejne koordinate (sever, jug, vzhod, zahod) ter ločljivost rastrskega zemljevida, podano v metrih. (Zraven sodijo še nekateri drugi podatki, npr. geografska projekcija, ki nas na tem mestu ne bodo zanimali.) GRASS pozna različna področja:

* trenutno področje (*current region*), na katerem moduli običajno opravljajo vsa izračunavanja,
* privzeto področje (*default region*), ki je določeno za posamezno GRASS »projektno lokacijo« (»Project location«),
* imenovano področje (*named region*): trenutno področje lahko shranimo v »region definition file« in ga kasneje spet povrnemo,
* področja posameznih zemljevidov (za nas so pomembni rastrski, to so DEM in clutter zemljevidi).

Pri klicu skripte *r.radcov* lahko uporabnik ne glede na trenutno področje določi področje izračuna oz. *računsko področje* (*computation region*). Skripta bo pri izračunu pokritja upoštevale vse oddajnike, ki se nahajajo znotraj tega področja, dodatno pa še tiste, ki se nahajajo zunaj področja, vendar njihov vpliv (v okviru radija dosega določenega v vhodni sektorski tabeli) sega znotraj *računskega področja*. Glede na to določi skripta še *povečano računsko področje* (*extended computation region*), ki zajame še vse te dodatne oddajnike. (V primeru, da takih oddajnikov ni, je *povečano računsko področje* enako *računskemu področju*.)

Skripta *r.radcov* ob zagonu najprej shrani obstoječe *trenutno področje*, ugotovi *razširjeno računsko področje* in ga določi za *trenutno področje* ter v njem izračuna vse modele in sektorje. V nadaljevanju za *trenutno področje* določi *računsko področje* in v njem izračuna skupno pokritje (*r.MaxPower*), na koncu po povrne prvotno shranjeno *trenutno področje*.

Uporabnik določi *računsko področje* s pomočjo parametra *region* v ukazni vrstici *r.radcov*. Izračun se lahko opravlja na naslednjih področjih:

* na celotnem področju DEM mape, to je tudi privzeti način, določa ga *region=dem*,
* na obstoječem *trenutnem področju*, to izberemo z *region=current*,
* na imenovanem področju, določimo z *region=region:ime\_shranjene\_regije* (ali *region=region=ime\_shranjene\_regije*),
* na področju poljubne rastrske mape, določimo z *region=rast:ime\_rastrske\_mape* (ali *region=rast=ime\_rastrske\_mape*),
* na področju določenem s koordinatami in ločljivostjo, *region=n:\_,e:\_,s:\_,w:\_,res:\_* (ali *region=n=\_ e=\_ s=\_ w=\_ res=\_*), kjer \_ predstavlja število v [m].

Z izjemo *dem* in *current* se ostali parametri lahko kombinirajo in se v enakem vrstnem redu predajo v obdelavo ukazu *g.region* , s tem da se predhodno opravi zamenjava znakov ':' → '=' in ',' → ' '.

Pri določanju računskega področja (tudi če je to *trenutno področje*) opravi *r.radcov* nekaj »lepotnih« popravkov, in sicer:

* poenoti ločljivost področja v obeh smereh, tako da izbere ločljivost vzhod-zahod,
* zaokroži ločljivost na celo število (v [m]),
* zaokroži mejne koordinate področja na večkratnik ločljivosti na način, da novo (zaokroženo) področje ne sega izven meja starega področja.

Na opisani način lahko uporabnik določi tudi *računsko* področje, ki sega izven področja DEM in/ali clutter mape. Poleg tega lahko DEM in/ali clutter mapa vsebujeta nedoločene točke (npr. DEM za področje Slovenije nima določenih točk izven meja Slovenije). Velja naslednje:

* vse oddajne točke morajo biti na DEM mapi določene, saj brez znane višine oddajnika ni mogoče izračunati modela in sektorja,
* v splošnem so lahko DEM in/ali clutter točke nedoločene, vendar morata biti v tem primeru določeni vrednosti parametrov *default\_height* in/ali *default\_clutter*; ti dve vrednosti potem določata vrednosti tistih točk, ki z DEM in/ali clutter mapo niso določene.

Če zgornja dva pogoja nista izpolnjena, moduli za izračun modelov in sektorjev javijo napako in izvajanje skripte *r.radcov* se prekine.

**Opozorilo:** Skripta r.radcov v privzetem načinu (če nismo uporabili zastavice *-r - »*recalulate«) izračuna modele in sektorje samo, če ustrezna rastrska datoteka z rezultati izračuna še ne obstaja, kar razbere iz imena datoteke. Skripta žel ne more ugotoviti, če je bilo od prejšnjega izračuna spremenjeno področje izračunavanja ali DEM/clutter mape (zemljevidi). **Uporabnik mora v primeru zamenjave zemljevidov in/ali področja izračunavanja eksplicitno zahtevati ponoven izračun z uporabo zastavice *-r*.** V nasprotnem primeru se bodo uporabili stari izračuni, kar lahko pripelje do delno ali povsem napačnih končnih rezultatov.

### Izračun modelov in sektorjev

Najprej se pripravi spisek ukazov za zagon vseh potrebnih simulacij modelov (moduli *r.hata*, *r.cost231*, *r.ericsson*, *r.waik*) ter ukazov za zagon vseh potrebnih simulacij sektorjev (*r.sector*) na osnovi predhodnih simulacij modelov. V naslednjem koraku se vsi ti ukazi izvedejo. Možno je vzporedno izvajanje izračunov modelov in izračunov sektorjev, kar omogoča bistveno pohitritev na večjedrnem ali večprocesorkem sistemu.

V naslednjih dveh podpoglavjih sta primera klica za izračun modela in izračuna sektorja, ki se izvedeta kot posledica naslednjega ukaza, pri čemer je uporabljena prej predstavljena sektorska tabela (ukazi so enovrstični, tukaj so zaradi svoje dolžine izpisani v več vrsticah):

r.radcov --o -r csv\_file=Ljutomer\_ericsson.csv frequency=2040 dem\_map=dem\_ljutomer\_25@PERMANENT clutter\_map=clut\_ljutomer25\_converted@PERMANENT db\_driver=dbf out\_map=outmap out\_table=outdb

Temu sledi podpoglavje s podrobnejšim opisom vzporednega izvajanja.

#### Klic za izračun modela

Primer klica ukaza za simulacija modela (*r.ericsson*), kot se ob izvajanju izpiše na zaslon, je naslednji:

> SBANOVA (1./4)

r.ericsson input=dem\_ljutomer\_25@PERMANENT clutter\_map=clut\_ljutomer25\_converted@PERMANENT

output=\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_590020\_159380\_31.7\_10\_2040 A0=42 A1=42 A2=-12 A3=0.1 coordinate=590020,159380 ant\_height=31.7 radius=10 frequency=2040

--overwrite

Ta primer tudi ilustrira zgradbo imena rastrske datoteke z izračunom modela, v zgornjem primeru je to:

\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_590020\_159380\_31.7\_10\_2040

V splošnem je sestava imena naslednja:

\_model\_P1\_P2\_P3\_P4\_P5\_positionEast\_positionNorth\_heightAGL\_radius\_frequency

Ime vsebuje vse parametre izračuna, s katerimi skripta *r.radcov* ugotavlja istovetnost datoteke oz. izračuna za nadaljnjo obdelavo, razen datoteke DEM in (v primeru modela Ericsson) datoteke clutter ter izbranega *računskega področja* – zato je potrebno v primeru spremenjene izbire ali vsebine teh dveh datotek (recimo pri spremenjeni izbiri geografskega področja) in/ali *računskega področja* eksplicitno zahtevati nove izračune z uporabo zastavice *-r* pri klicu skripte *r.radcov*.

#### Klic za izračun sektorja

Primer klica ukaza za simulacijo sektorja, kot se ob izvajanju izpiše na zaslon, je naslednji:

> SBANOVA (1./8)

r.sector pathloss\_raster=\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_590020\_159380\_31.7\_10\_2040@IOzimek DEM\_raster=dem\_ljutomer\_25@PERMANENT

output=SBANOVA\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_590020\_159380\_31.7\_10\_2040\_110\_0\_2\_742213 ant\_data\_file=/usr/local/grass-6.2.3/etc/radio\_coverage/antenna\_diagrams/ 742213\_2140\_X\_CO\_M45\_00T.MSI   
 beam\_direction=110 mech\_tilt=2 height\_agl=31.7 radius=10 east=590020 north=159380

--overwrite

Ime rastrske datoteke z izračunom sektorja je v zgornjem primeru:

SBANOVA\_ericsson\_42.0\_42.0\_-12.0\_0.1\_\_590020\_159380\_31.7\_10\_2040\_110\_0\_2\_742213

V splošnem je sestava imena naslednja:

userLabel(model)\_beamDirection\_electricalTiltAngle\_mechanicalAntennaTilt\_antennaType

kjer (model) predstavlja ime rastrske datoteke modela, uporabljenega pri izračunu sektorja. Zapisani *userLabel* je lahko malenkostno spremenjen glede na originalno ime – zbrisani so morebitni podčrtaji. To lahko v določenih primeri pripelje do ne-enoličnosti, vendar *userLabel* v imenu datoteke sektorja ni bistven in je uporabljen samo zaradi lažje razpoznavnosti vsebine datoteke s strani uporabnika. Za istovetnost datoteke in njene vsebine oz. uporabo zastavice *-r* velja enako kot je opisano že zgoraj pri rastrski datoteki modela.

#### Vzporedno izvajanje

Skripta *r.radcov* izvaja v privzetem načinu module vzporedno (klicni parameter *procnum=-1*) in sicer hkrati požene toliko izračunov modelov in (v nadaljevanju) toliko izračunov sektorjev, kolikor jeder oz. procesorjev ima računalniški sistem. Uporabnik lahko izbere tudi zaporedni način izvajanja (*procnum=0*) ali pa poljubno število vzporedno izvajanih modulov ne glede na obstoječe število jeder/procesorjev (npr. *procnum=16* za 16 hkrati izvajanih modulov).

Pri vzporednem izvajanju izpis iz modula na zaslon ne sledi neposredno njegovemu klicu, ampak se začasno shranjuje in izpiše ob koncu izvajanja tega modula. Klic modula je enako kot pri zaporednem izvajanju označen z imenom celice in zaporedno številko, npr. (kot v zgornjem primeru):

> SBANOVA (1./8)

Ko modul zaključi svoje delo, je to označeno z izpisom njegove zaporedne številke:

< (1./\_)

temu pa sledijo morebitni izpisi iz modula na zaslon, nastali med njegovim izvajanjem. Modul lahko izpisuje na zaslon preko *stdout* in *stderr*, po konci izvajanja se izpišejo najprej morebitni izpisi na *stdout,* kar označuje '(O)' na začetku izpisov, potem pa še morebitni izpisi na *stderr*, kar označuje '(E)' na začetku izpisov.

### Brisanje nepotrebnih modelov in sektorjev

Uporaba zastavice *-p* (»purge«) pri klicu skripte *r.radcov* povzroči brisanje obstoječih nepotrebnih rastrskih datotek z izračunanimi modeli in sektorji. Brišejo se vse datoteke z imeni oblike *\_model\_\** ali *ime\_model\_\**, kjer je *model* ime enega od modelov (*hata*, *cost231*, *ericsson*, *waik*), *ime* pa je poljubno ime, ki načeloma predstavlja ime sektorja, lahko pa je poljuben niz znakov razen podčrtaja.

Brisanje nepotrebnih datotek se izvaja po pripravi ukazov za izračun modelov in sektorjev in pred njihovim izvajanjem (opisano v prejšnjem podpoglavju).

### Izračun celotnega pokritja

Na koncu obdelave se izračuna skupno radijsko pokritje za celotno izbrano geografsko področje na osnovi prej izračunanih sektorjev. Rezultata sta dva. Prvi je datoteka (določena s klicnim parametrom *out\_map*), ki predstavlja rastrski zemljevid z vrednostjo najmočnejšega signala v vsaki točki. Drugi pa je tabela (določena s klicnim parametrom *out\_table*) s podatki o izbranem številu (privzeto 5, določimo s klicnim parametrom *cellnum*) najmočnejših signalov v vsaki točki, zapisana v izbrano podatkovno bazo.

Zapis podatkovne tabele je opcijski in privzeto ni vključen (*db\_driver=none*), kar lahko bistveno skrajša čas celotne obdelave. Uporabnik lahko izbere tri tipe podatkovne baze, dbf (*db\_driver=dbf*), MySQL (*db\_driver=mysql*) in PostgreSQL (*db\_driver=pg*), pod pogojem, da so te že nameščene na sistemu (velja za MySQL in PostgreSQL, dbf je že vgrajena v GRASS). Baza dbf je funkcionalno omejena, sicer v splošnem hitrejša od ostalih dveh, vendar zaradi velike potratnosti pri delu s pomnilnikom neprimerna za izračun pokritja večjih geografskih področij.

Za izračun celotnega pokritja kliče skripta dva modula. V primeru, da smo izbrali zapis podatkovne baze, modul *db.GenerateTable* najprej pripravi prazno podatkovno tabelo (če datoteka s tem imenom že obstaja in smo uporabili *--overwrite* oz. *--o*, se stara datoteka zbriše). V našem primeru izvede *r.radcov* naslednji klic:

db.GenerateTable -o table=outdb driver=dbf database=$GISDBASE/$LOCATION\_NAME/$MAPSET/dbf cell\_num=5

Nato kliče skripta modul *r.MaxPower* za izračun in zapis rezultatov v izhodno rastrsko datoteko in podatkovno bazo. V našem primeru bi bil klic naslednji:

r.MaxPower 'cell\_input=*tmpFilename*' output=outmap table=outdb driver=dbf 'database=$GISDBASE/$LOCATION\_NAME/$MAPSET/dbf' --overwrite

kjer je *tmpFilename* samodejno ustvarjeno ime začasne datoteke, ki jo skripta *r.radcov* ustvari pred klicem modula *r.MaxPower*. Ta datoteka se po uporabi samodejno zbriše. Datoteka vsebuje podatke o sektorjih, dobljene iz vhodne sektorske tabele. V prvi vrstici je zapisano število sektorjev (t.j. število sledečih vrstic), v naslednjih vrsticah pa sledi opis sektorjev v naslednji obliki:

userLabel;*sectorFilename*;power;model;P1;P2;P3;P4;P5;;

*sectorFilename* predstavlja ime rastrske datoteke z izračunanim sektorjem.

V našem primeru bi imela vmesna datoteka naslednjo obliko:

8

SBANOVA;SBANOVA\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_590020\_159380\_31.7\_10\_2040\_110\_0\_2\_742213@IOzimek;25.3;ericsson;42;42;-12;0.1;;;

SBANOVB;SBANOVB\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_590020\_159380\_33.7\_10\_2040\_240\_0\_2\_742213@IOzimek;25.3;ericsson;42;42;-12;0.1;;;

SBANOVC;SBANOVC\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_590020\_159380\_33.7\_10\_2040\_330\_0\_2\_742213@IOzimek;25.3;ericsson;42;42;-12;0.1;;;

SBELTIA;SBELTIA\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_594497\_163319\_34\_10\_2040\_50\_0\_2\_742213@IOzimek;27.4;ericsson;42;42;-12;0.1;;;

SBELTIB;SBELTIB\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_594497\_163319\_34\_10\_2040\_130\_0\_1\_742213@IOzimek;27.4;ericsson;42;42;-12;0.1;;;

SBELTIC;SBELTIC\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_594497\_163319\_34\_10\_2040\_325\_0\_1\_742213@IOzimek;26.4;ericsson;42;42;-12;0.1;;;

SLJUTKA;SLJUTKA\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_592182\_153422\_22\_10\_2040\_120\_1\_0\_742265@IOzimek;27.5;ericsson;42;42;-12;0.1;;;

SLJUTKB;SLJUTKB\_ericsson\_42\_42\_-12\_0.1\_\_592182\_153422\_22\_10\_2040\_310\_1\_0\_742265@IOzimek;27.5;ericsson;42;42;-12;0.1;;;

## Pomožni skripti

Poleg skripte *r.radcov* obstajata še dve pomožni skripti za pripravo in preverjanje antenske preslikovalne datoteke, *m.msi2antmap* in *m.checkantmap*. Prva omogoča samodejno pripravo preslikovalne datoteke na osnovi obstoječih datotek .MSI, druga pa preverjanje njene pravilnosti, kar je pomembno v primeru ročnega urejanja.

### Skripta m.msi2antmap

Antenska preslikovalna datoteka se ustvari avtomatično na osnovi obstoječih datotek .MSI v podanem imeniku.

Posamezna vrstica antenske preslikovalne datoteke vsebuje ime antene, električni nagib in ime pripadajoče .MSI datoteke ter morebiten komentar.

Podvojene definicije (ime\_antene,električni\_nagib), se vnesejo kot komentar (izpiše se opozorilo), aktivna pa je samo prva taka definicija.

Ime antene določa spremenljivka NAME v prvi vrstici datoteke .MSI, v nasprotnem primeru se izpiše napaka. Trenutno v skripti ni omejitev glede dovoljenih znakov (dovoljeni so vsi izpisljivi - »non-white« - znaki) in dolžine imena.

Električni nagib določa spremenljivka TILT v .MSI datoteki. Njena vrednost naj bi bil nagib v stopinjah, vendar je v obstoječih datotekah njena vrednost 'electrical', nagib pa ja je podan kot del imena .MSI datoteke, npr.: 742211\_2140\_X\_CO\_M45\_02T.MSI pomeni nagib 2 stopinji. Skripta zato preverja oba načina podajanja in javi napako v primeru neujemanja morebitne obojne definicije ali v primeru, da nagib ni podan na nobenega od obeh možnih načinov.

V posamezno vrstico antenske preslikovalne datoteko se kot dodan komentar prenese tudi vsebina spremenljivke COMMENT iz .MSI datoteke.

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani spodaj.

* Ukaz:

m.msi2antmap antennaMsiDir=string antennaMapFile=string [--overwrite]

* Parametri:

antennaMsiDir Antennas .MSI files input directory *ime imenika (celotna pot), v*

default: $GISBASE/etc/¬ *katerem se nahajajo datoteke*

radio\_coverage/antenna\_diagrams *.MSI (antenski sevalni diagr.)*

antennaMapFile Antennas map output file (for *ime antenske preslikovalne*

r.radcov) *datoteke, ki jo ustvari skripta*

default: $GISBASE/etc/¬ *m.msi2antmap*

radio\_coverage/antennamap

* Zastavice:

--o Force overwrite of output files *Omogoči prepis obstoječe*

overwrite existing files  *izhodne datoteke*

### Skripta m.checkantmap

Skripta *m.checkantmap* je namenjena preverjanju in odkrivanju napak v antenski preslikovalni datoteki, ki lahko nastanejo kot posledica ročnega urejanja (z uporabo urejevalnika besedila). Skripta je sicer do neke mere redundantna, saj praktično enako preverjanje opravlja tudi skripta *r.radcov*, a je vendarle priročna v primerih, ko ročno spreminjamo vsebino antenske datoteke in želimo hitro in enostavno preveriti njeno pravilnost.

Skripta preverja formalno pravilnost posameznih vrstic preslikovalne datoteke ter javlja napake ali opozorila odvisno od pomembnosti posameznih nepravilnosti. Preverja tudi obstoj podvojenih (name, tilt) definicij (večkratne definicije za isto ime antene in njen električni nagib), pa tudi (ne)obstoj .MSI datotek navedenih v posameznih vrsticah antenske preslikovalne datoteke (to zadnje javlja kot opozorilo).

Za vse obstoječe .MSI datoteke skripta *m.checkantmap* v drugem koraku preveri še skladnost imena in električnega nagiba, kot sta navedena v vrstici antenske preslikovalne datoteke ter znotraj .MSI datoteke in/ali (velja za električni nagib) kot del imena .MSI datoteke.

Struktura ukaza in pripadajoči parameter so podani spodaj.

* Ukaz:

m.checkantmap antennaMapFile=string

* Parametri:

antennaMapFile Antennas map output file (for *ime antenske preslikovalne*

r.radcov) *datoteke, ki jo želimo*

default: $GISBASE/etc/¬ *preveriti*

radio\_coverage/antennamap

# Dodatni moduli

## Modul *r.clutconvert*

Ker raster datoteke rabe tal (»clutter«) ne vsebujejo dejanskega slabljenja za določen tip terena, ampak so posamezni tipi terena označeni s številkami (od 1 do 10), je potrebno datoteke ustrezno preoblikovati. Za vsak tip terena je potrebno namesto številčnega opisa tipa terena vpisati ustrezno slabljenje signala. V ta namen je razvit modul *r.clutconvert*, ki na vhodu prebere raster datoteko rabe tal in tekstovno datoteko v kateri so v pravilnem zaporedju vpisane vrednosti slabljenja za določene tipe terena. V tabeli so zbrani tipi terena in ustrezne številčne oznake v originalni datoteki rabe tal ter pripadajoče vrednosti slabljenja radijskega signala pri frekvenci 2040 MHz.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| oznaka v clutter datoteki | tip terena | slabljenje |
| 11 | urbano 1 | 28 |
| 12 | urbano 2 | 25 |
| 13 | urbano 3 | 22 |
| 14 | urbano 4 | 18 |
| 15 | urbano 5 | 15 |
| 16 | gozd iglasti | 25 |
| 17 | gozd listnati | 20 |
| 18 | gozd mešani | 22 |
| 19 | grmičevje | 15 |
| 20 | voda | 3 |
| 21 | kmetijsko | 15,5 |
| 22 | odprto | 5,5 |

Tabela 3: Različni tipi terena z ustreznimi številskimi oznakami v »clutter« datoteki in pripadajoče vrednosti slabljenja za 2040 MHz

Izhod modula *r.clutconvert* je raster datoteka rabe tal v kateri so posamezni tipi terena opisani z ustreznim slabljenje v *dB*. Primer je prikazan na sliki .

**sl_clutter_convert_all.TIF**

Slika 11: Grafičen prikaz pretvorjene datoteke rabe tal za področje Ljutomera - izhod modula *r.clutconvert*

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani spodaj. Poleg parametrov so v oklepajih izpisani komentarji.

* Ukaz:

r.clutconvert input=name Path\_loss\_values=file name output=name [--overwrite] [--quiet]

* Zastavice:

--o Allow output files to overwrite existing files

--q Quiet module output

* Parametri:

input Name of input raster map *ime vhodnega rastra – raba tal*

(»clutter«))

Path\_loss\_values Path loss factors for land usage *ime vhodnega .txt datoteke z*

*slabljenjem rabe tal*

output Name for output raster map *ime izhodnega rastra –*

*slabljenje rabe tal*

* Primer klica:

r.clutconvert input=clut\_ljubljana2@PERMANENT Path\_loss\_values=/usr/local/src/grass62/grass-6.2.3/dist.i686-pc-linux-gnu/etc/radio\_coverage/lossfactors\_new.txt output=clut\_ljubljana2\_converted --overwrite

## Modul *r.compare*

Dodatni modul *r.compare* je namenjen verificiranju in umerjanju modelov izgube poti ter preverjanju modulov *r.*sector in *r.MaxPower*. Modul namreč primerja rezultate simulacij narejenih v GRASS okolju z rezultati simulacij narejenih s programom TEMS. Pri tem je potrebno biti pozoren na pravilno zaporedje podanih vhodnih raster datotek, ki vsebujejo informacije o jakosti signala oziroma izgubi poti za določeno področje. Za prvi vhod je potrebno izbrati jakost signala v raster datoteki dobljene v okolju GRASS, drugi vhod pa je uvožena raster datoteka slabljenja signala, ki je izračunana s programom TEMS (glej podpoglavje ). Izhod modula je zopet raster datoteka, ki vsebuje razliko jakosti signala na mestu sprejema. Grafična primerjava razlike rezultatov iz obeh simulatorjev za model 9999 in področje Ljutomera pri nosilni frekvenci 2040 MHz je podana na sliki .

**compare_ljutomer_9feb_all.TIF**

Slika 12: Primerjav simulacij GRASS in simulacij TEMS za področje Ljutomera

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza, pripadajoče zastavice in parametri so podani spodaj. Poleg parametrov so v oklepajih izpisani komentarji.

* Ukaz:

r.compare [-q] Raster\_File\_Path\_Loss\_Values\_1=name Raster\_File\_Path\_Loss\_Values\_2=name output=name [--overwrite] [--quiet]

* Zastavice:

-q Quiet

--o Allow output files to overwrite existing files

--q Quiet module output

* Parametri:

Raster\_File\_Path\_Loss\_Values\_1 Path loss-first model *ime vhodnega rastra*

Raster\_File\_Path\_Loss\_Values\_2 Path loss-second model *ime vhodnega rastra*

output Name for output *ime izhodnega rastra*

raster map

* Primer klica:

r.compare Raster\_File\_Path\_Loss\_Values\_1=out\_Ljutomer@Andrej Raster\_File\_Path\_Loss\_Values\_2=IJS\_UMTS\_Pathloss\_Ljutomer\_25masc@PERMANENT output=compare\_IJSGrass\_MobitelTEMS\_Ljutomer --overwrite

## Modul *db.CompareResults*

Modul *db.CompareResults* opravi primerjavo izračunanih vrednosti z rezultati terenskih meritev.

Vhodni parametri modula so naslednji:

* DEM (digitalni elevacijski model) raster za simulirano področje
* ime tabele v kateri so zapisani rezultati simulacij
* ime gonilnika, ki je bil uporabljen v simulaciji
* ime gonilniku pripadajoče podatkovne baze
* tekstovna datoteka z rezultati terenskih meritev (npr ljutomer.txt)
* ime izhodne tekstovne datoteke

Modul prebere vrstico iz datoteke, v kateri so zapisani rezultati meritev, in shrani podatke o x in y koordinati, imenu merjene celice ter vrednosti sprejete moči (rscp). Ker se x in y koordinata na merjeni lokaciji v splošnem ne skladata z rastrskimi koordinatami, ki so zapisane v tabeli, modul opravi preslikavo koordinat na najbližjo lokacijo v rastru. Nato v tabeli, ki vsebuje rezultate simulacij poišče vrstico s pripadajočimi koordinatami ter shrani vrednost moči sprejetega signala ter model kanala za merjeno celico. Če na izbrani lokaciji simulacija ni opravljena (bodisi zaradi geografske omejenosti vhodnega rastra, bodisi zaradi večje oddaljenosti od bazne postaje kot je radij območja, zajetega v simulaciji), se primerjava ne izvede. V nasprotnem primeru se izračuna razlika med rezultatom meritve in rezultatom simulacije (rscp\_diff [dB] = rscp\_meas [dBm] - rscp\_sim [dBm]). V izhodno datoteko se vpišejo vsi podatki iz vhodne datoteke terenskih meritev, dodajo pa se še podatki o rastrskih koordinatah, vrednost moči sprejetega signala, dobljene s simulacijo, uporabljen model kanala in razlika med izmerjeno in izračunano močjo.

Atributi izhodne datoteke so prikazani v spodnji tabeli:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *attribute* | **time** | **x** | **y** | **cell** | **rscp** | **x\_rast** | **y\_rast** | **rscp\_sim** | **model** | **rscp\_diff** |
| *example* | 2005-10-05 10:54:00 | 592000 | 153790 | SLJUTKB | 69.1200 | 592000 | 153800 | -95.4000 | Hata\_suburban | 26.28 |

Tabela 4: Atributi v izhodni tekstovni datoteki modula *db.CompareResults*

Modul izračuna in izpiše tudi povprečno vrednost razlike med izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi (). Parameter  omogoča kalibracijo parametra A0 v primeru simulacije z uporabo modula r.Ericsson.

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza za zagon modula v terminalskem načinu je naslednja (oglati oklepaj pomeni, da je ukaz opcijski):

* Ukaz:

db.CompareResults DEM\_raster=name table=name driver=name database=name measurement\_data=file\_name output=file\_name [--quiet].

* Zastavice:

--quiet Quiet module output

* Parametri:

DEM\_raster elevation model–required for *ime vhodnega rastra*

raster window determination

table name of the DBF table *ime DBF tabele*

driver driver name *ime gonilnika*

database database name *ime podatkovne baze*

measuerement data path to the file containing *ime vhodne datoteke s*

measuerement data *podatki meritev*

output name of the output txt file *ime izhodne datoteke*

* Primer klica:

db.CompareResults DEM\_raster=dem\_ljutomer\_25@PERMANENT table=test driver=dbf database=$GISDBASE/$LOCATION/$MAPSET/dbf measurement\_data=/home/grass/source/grass-6.4.0RC3/doc/db/db.CompareResults/ljutomer.txt output=/home/grass/source/grass-6.4.0RC3/doc/db/db.CompareResults/test.output.txt

## Modul *r.CompareMobitel*

Modul *r.CompareMobitel* opravi primerjavo med terenskimi meritvami in izračunanimi vrednostmi najvišje sprejete moči za posamezno točko. Njegovo delovanje je podobno modulu *db.CompareResults*, le da imamo na razpolago le najvišjo sprejeto moč na posamezni točki, brez informacije o pripadajoči celici. Modul je namenjen oceni razlike med sprejeto močjo v določeni točki za določeno celico ter najvišjo sprejeto močjo v isti točki. Modul združuje v za ta namen prilagojene module *db.GenerateTable*, *r.MaxPower* in *db.CompareResults*.

Modul najprej generira DBF tabelo, katere ime določimo v ukazni vrstici. Tabela vsebuje štiri atribute, in sicer: koordinati x in y, podani v Gauss-Krugerjevem koordinatnem sistemu, resolucijo uporabljenega digitalnega elevacijskega modela ter vrednost sprejete moči v dBm. Modul nato prebere vrednosti iz vhodnega rastra, izračuna potrebne atribute, ter jih vpiše v tabelo. Enako kot v modulu *r.MaxPower*, tudi na tem mestu v tabelo vpisujemo celoštevilske vrednosti sprejetih moči, ki jih predhodno pomnožimo s faktorjem 100.

V nadaljevnaju modul opravi primerjavo vrednosti in pridobljene rezultate shrani v izhodno tekstovno datoteko, ki ima enako zgradbo kot izhodna datoteka v modulu *db.CompareResults*.

Modul podpira primerjavo izmerjenih rezultatov tako za simulacije, pridobljene s programom TEMS, kot tudi za simulacije z simulacijskim okoljem, razvitim v okolju GRASS. Izbiro določimo z označitvijo zastavice *'GRASS MaxPower raster'*. Tak pristop je potreben zaradi razlike med vhodnima rastroma. Raster, pridobljen v okolju GRASS vsebuje najvišje sprejete moči, medtem ko raster, pridobljen v programu TEMS vsebuje podatke o slabljenju signala. Ker podatek o oddajnih močeh celic v tem primeru ni na voljo, je pri primerjavi meritev, pridobljenih s programom TEMS, potrebno vpisati še povprečno oddajno moč, ki jo model nato upošteva pri izračunu sprejetih moči.

### Zagon modula v terminalskem načinu

Struktura ukaza za zagon modula v terminalskem načinu je naslednja (oglati oklepaj pomeni, da je ukaz opcijski):

* Ukaz:

r.CompareMobitel [–o] [–c] MaxPower\_raster=name model=name avg\_transmit\_power=value table=name driver=name database=name measurement\_data=file\_name output=file\_name [--quiet]

* Zastavice:

-o allow table overwrite *Če tabela z izbranim imenom že*

*obstaja, jo bo modul prepisal*

*z novo, prazno tabelo. Če*

*zastavice ne označimo, se bo, v*

*primeru že obstoječe tabele*

*z enakim imenom, izvajanje*

*modula prekinilo.*

-cGRASS MaxPower raster *Primerjava meritev z MaxPower*

*vrednostmi, izračunanimi v okolju GRASS*

--quiet quiet module output

* Parametri:

maxPower\_raster Input MaxPower raster *ime vhodnega rastra*

model Channel model name *uporabljen model*

*kanala*

avg\_transmit\_power *average transmit power Povprečna oddajna moč*

*(relevant only in case (pomembna le v primeru*

*of TEMS input raster) TEMS vhodnega rastra)*

table Name of the DBF table *ime DBF tabele*

driver driver name *ime gonilnika*

database database name *ime podatkovne baze*

measuerement data path to the file containing *ime vhodne datoteke s*

measuerement data *podatki meritev*

output Name of the output txt file *ime izhodne datoteke*

* Primer klica:

r.CompareMobitel MaxPower\_raster=IJS\_UMTS\_Pathloss\_Ljutomer\_25m\_asc@AndrejH model=Mobitel\_Ericsson avg\_transmit\_power=26.5 table=db\_IJS\_UMTS\_Pathloss\_Ljutomer\_25m\_asc driver=dbf database=$GISDBASE/$LOCATION/$MAPSET/dbf measurement\_data=/home/grass/source/grass-6.4.0RC3/doc/raster/ljutomer.txt output=/home/grass/source/grass-6.4.0RC3/doc/raster/comparre\_MobitelTEMS\_Meritve\_17feb.txt

# Namestitev programskega modulov za izračun pokritosti z radijskim signalom

Vsi moduli so narejeni v programskem jeziku C in prevedeni s prevajalnikom »*gcc«*. Izvorna koda posameznih modulov se nahaja v mapi, ki so poimenovane po imenih modulov. Poleg osnovne datoteke *main.c*, ki vsebuje C kodo modula, se v mapi modula nahaja tudi dodatne datoteke s C-jevimi funkcijami in različne tekstovne datoteke s posameznimi konstantami. Obvezna vsebina mape posameznega modula je datoteka *Makefile*, ki poleg imena modula vsebuje še poti do nujno potrebnih datotek za pravilno prevedbo modula.

Primer vsebine datoteke *Makefile*:

#fix this relative to include/

# or use absolute path to the GRASS source code

MODULE\_TOPDIR = ../../..

PGM = r.ericsson

LIBES = $(GISLIB)

DEPENDENCIES = $(GISDEP)

include $(MODULE\_TOPDIR)/include/Make/Module.make

default: cmd

Ob nameščanju programskih modulov na sistem je potrebno izbrati mesto, kjer naj se mape modulov, ki vsebujejo izvorno kodo, nahajajo. Naslednji korak je dodelitev ustreznih pravic uporabnikom za dostop do map in uporabo datotek. Glede na nameščeno verzijo programa *grass* in mesto namestitve posameznih programskih komponent, je potrebno ustrezno prirediti poti do posameznih grass-ovih datotek v datotekah *Makefile* posameznih modulov, kar je nujno potrebno za uspešno prevedbo modulov.

Prevajanje modulov se izvede v terminalskem oknu z uporabo ukaza *make*. Za uspešno prevajanje določenega modula se je potrebno postaviti v mapo, kjer se nahajajo njegove datoteke s programsko kodo (*main.c* in *Makefile*) in uporabiti ukaz *make*. Po uspešni prevedbi je modul pripravljen za uporabo. Možno ga je uporabljati preko grafičnega uporabniškega vmesnika ali preko ukazne vrstice v terminalskem oknu. V prvem primeru ga je potrebno odpreti preko terminalskega okna v okolju *grass* z ukazom, ki je enak imenu modula (npr.: *r.ericsson*), in nato ustrezne vhodno/izhodne datoteke in parametre modula vpisati v grafični vmesnik, ki se pojavi na zaslonu. V drugem primeru pa se celotna ukazna vrstica z vsemi ustreznimi parametri in imeni vhodno/izhodnih datotek vnese neposredno v terminalsko okno, kjer je moč opazovati tudi napredek izvajanja modula in vse morebitne izpise.

Za hkratno uporabo več modulov (primer na sliki 1) je potrebno natančno poznati sestavo ukazne vrstice posameznega modula z vsemi obveznimi in opcijskimi vhodnimi podatki. Le tako je možno razviti ustrezno skripta Python, ki služi za zaporedno izvajanje vključenih modulov, in njen zagon.

Novi lastni moduli se običajno razvijajo in prevajajo v okviru delovne verzije prevedenega paketa (tam, kjer je bil opravljen prevod z ukazom *make*) in ne na končni lokaciji (kamor ga prepiše ukaz *install make*). Za normalno uporabo novo razvitih modulov je potrebno te na koncu prepisati na pravo mesto. V primeru, da je končna lokacija aplikacije GRASS */usr/local/grass-6.4.0RC3*, so lokacije modulov naslednje:

*/usr/local/grass-6.4.0RC3/bin* za dodatne prevedene module (napisani v jeziku C), v našem primeru sodijo sem vsi razviti moduli razen povezovalne skripte *r.radcov*.

*/usr/local/grass-6.4.0RC3/scripts* za skripte (npr. v jeziku Python), v našem primeru velja to za *r.radcov*.

*/usr/local/grass-6.4.0RC3/docs/html* za vse html datoteke s pomočjo, ki pripadajo posameznim modulom (t.i. »help« datoteke).

Za razliko od modulov pisanih v jeziku C skripta v jeziku Python ne potrebuje razvojnega okolja oz. orodij, uporablja pa razne funkcije okolja GRASS in deluje samo v tem okolju. Za uporabo skript narejenih v skladu s pravili GRASS veljajo enaka pravila kot za uporabo prevedenih modulov pisanih v jeziku C. Tudi skripta lahko uporabljamo preko grafičnega uporabniškega vmesnika, kot je bilo zgoraj opisano.

Omeniti velja še, da html datoteka s pomočjo za skripta (v spodnjem primeru *r.radcov*) samodejno ustvarimo na naslednji način, seveda v okviru okolja GRASS:

*r.radcov --html-description >r.radcov.html*

# Primerjava rezultatov izračunov in meritev moči radijskega signala

Primerjava rezultatov izračuna z modulom r.ericsson ter programom TEMS in izmerjenih rezultatov prikazujejo slike v dodatku A. Prvi stolpec prikazuje primerjavo med izmerjenimi vrednostmi in izračunanimi vrednostmi z modulom r.ericsson, medtem ko je v drugem stolpcu prikazana primerjava med izračunanimi vrednostmi s programom TEMS in izmerjenimi vrednostmi. Primerjava je bila opravljena za šest primerov in sicer:

1. Področje Bohinja za GSM signal na 900 MHz,
2. Področje Bohinja za UMTS signal,
3. Področje Ljutomera za GSM signal na 900 MHz,
4. Področje Ljutomera za UMTS signal,
5. Področje mesta Ljubljane za GSM signal in
6. Področje mesta Ljubljane za UMTS signal.

Prva vrsta slik prikazuje sprejeti signal v dBm, modra barva predstavlja izmerjene vrednosti, zelena pa izračunane. Druga vrsta slik prikazuje razliko med izračunano in izmerjeno vrednostjo, medtem ko zadnja slika prikazuje prostorsko razporeditev meritev in njihovo odstopanje od izračunanih vrednosti in sicer:

* Zelena – odstopanje -5 in 5 dB
* Rumena – odstopanje 5 in 15 dB
* Cianidna – odstopanje 15 in 25 dB
* Modra – odstopanje 25 in 35 dB
* Viola – odstopanje 35 in 45 dB
* Rdeča – odstopanje 45 in 55 dB
* Črna – odstopanje 55 in več dB

Iz rezultatov v dodatku, lahko ugotovimo:

1. S programskim paketom TEMS in modul r.ericsson dobimo podobne vrednosti za vrednost signala v točkah meritev ne glede na izbrano okolje (Bohinj, Ljutomer, Ljubljana) in nosilno frekvenco signala. Manjše razlike, ki nastanejo, so posledica nedokumentirane implementacije modela 9999, ki je osnovni algoritem tako v programu TEMS kot tudi v modulu r.ericsson.
2. Za vsa področja in obe nosilni frekvenci program TEMS kot tudi modul r.ericsson izračunata nekoliko nižje vrednosti signala.
   1. Za mestno okolje, je razlika skoraj zanemarljiva za obe frekvenci.
   2. V razgibane gorskem okolju na področju Bohinja so izračunane vrednosti precej nižje od izmerjenih. Napaka je še posebno izrazita za področje na nasprotni strani Bohinjskega jezera na višje ležečih področjih, kjer dobimo direktno vidljivost med oddajnikom na Voglu in sprejemnikom, sam model 9999 pa tega ne upošteva. Na teh področjih so bile meritve izvedene le za frekvenco 900 MHz, vendar predvidevamo, da bi tudi pri UMTS frekvenci dobili podobne rezultate. Za nižje ležeča področja pa se izmerjeni in izračunani signali dokaj dobro ujemajo.
   3. Dobro ujemanje med izračunanimi in izmerjenimi vrednostmi, dobim tudi za področje Ljutomera.
3. Modul r.ericsson in program TEMS izračunata podobne vrednosti tudi, pri različnih oddaljenosti sprejemnika od bazne postaje.

# Zaključek

Izdelani programski moduli omogočajo izračun pokritja z radijskim signalom za poljubno področje zemeljske oble in prikaz izračunanih rezultatov v programskem okolju GRASS. Moduli *r.hata*, *r.fspl* in *r.cost231* uporabljajo javno dostopne izkustvene modele za izračun pokritosti z radijskim signalom, medtem ko modul *r.ericsson* uporablja Ericssonov model 9999, ki je uporabljen tudi v programskem orodju TEMS: Modul je izdelan po razpoložljivih podatkih iz uporabniškega priročnika, v katerem pa model ni opisan z vsemi potrebnimi podrobnostmi, zato pride tudi do manjših razlik med rezultati izračunanimi s programskim paketom TEMS in izdelanim modulom *r.ericsson*.

Primerjava izračunanih vrednostmi z izmerjenimi da zadovoljive rezultate. Glede na izbrane parametre so izračune vrednosti signala nekoliko nižje od izmerjenih, kar pa v primeru načrtovanja pokritja z radijskim signalom predstavlja določeno prednost, saj dobimo dejansko pokritost z radijskim signalom tudi na področjih, kjer tega nismo predvideli. Na razmerje CINR pa manjše izračunane vrednosti signala ne vplivajo, saj je vrednost CINR oblikovana kot razmerje med koristnim signalom in interferenco.

Skripta izdelana v jeziku Python omogoča enostaven izračun področji z več celicami in velikimi področji. Generirana tabel rezultatov pa omogoča enostaven izračun razmerja med signalom interferenco in šumom.

# Literatura

[1] M. Hata, Empirical formula for propagation loss in Land Mobile radio services, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 29, no. 3, avgust 1980.

[2] S. R. Saunders, Antennas and Propagation for Wireless communication systems.

[3]Y.Okumura, E. Ohmori, T. Kawano, K. Fukada, Field Strength and its Variability in VHF and UHF Land-Mobile Radio Service, Review of the Electrical Communication Laboratory, Vol 16, no. 9-10, september-oktober 1968.

[4]G. L. Stuber, Principles of mobile communications, Kluwer Academic Publishers, London 2001.

[5] WinProp, AWE Communications, <http://www.awe-communications.com/>.

[6] Vulcano, Siradel, <http://www.siradel.com/>.

[7] Planet and decibel Planner (Marconi), <http://www.ericsson.com/>.

[8] Wireless System Planning Tools: <http://www.members.shaw.ca/propagation/planning.html>.

[9] TAP - Terrain Analysis Tool, <http://www.softwright.com/>.

[10] **CS telecom** nG<http://www.atdi.com/>.

[11] RPS - Radiowave Propagation Simulator, <http://www.radiowave-propagation-simulator.de/>.

[12] Compile and install – instructions, <http://grass.osgeo.org/wiki/Compile_and_Install>.

[13] Installing GRASS from source code, <http://grass.itc.it/grass61/source/INSTALL>.

[14] GRASS 6 Programmer's Manual, <http://download.osgeo.org/grass/grass6_progman/>.

[15] D. J. Cichon, T. Kurner, Propagation prediction models, COST 231 Final Rep., dosegljiv na: http://www.lx.it.pt/cost231/.

[16] J. Walfisch, H. L. Bertoni, A Theoretical Model of UHF Propagation in Urban Environments, IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 36, pp. 1788–1796, december 1988.

[17] J. Walfisch, H. L. Bertoni, A Theoretical Model of UHF Propagation in Urban Environments, IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 36, pp. 1788–1796, december 1988.

[18] Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files, RFC 4180, okotber 2005, <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4180.txt>.

[19] (Format .MSI datotek) <http://radiomobile.pe1mew.nl/?The_program:Definitions:MSI>.

# Dodatek A Primerjava izmerjenih in izračunanih vrednosti

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Sprejeta moč | Sprejeta moč |
|  |  |
| Razlika med izračunano in izmerjeno sprejeto močjo | Razlika med izračunano in izmerejno sprejeto močjo |
|  |  |
| Lokacija meritev in odstopanja | Lokacija meritev in odstopanja |
| Primerjava meritev in izračuna pokrivanja z modulom r.ericsson | Primerjava meritev in izračuna pokrivanja s programom TEMS |
| **Bohinj, GSM signal, primerjava izmerjenih in izračunanih rezultatov** | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Sprejeta moč | Sprejeta moč |
|  |  |
| Razlika med izračunano in izmerjeno sprejeto močjo | Razlika med izračunano in izmerejno sprejeto močjo |
|  |  |
| Lokacija meritev in odstopanja | Lokacija meritev in odstopanja |
| Primerjava meritev in izračuna pokrivanja z modulom r.ericsson | Primerjava meritev in izračuna pokrivanja s programom TEMS |
| **Ljutomer, GSM signal, primerjava izmerjenih in izračunanih rezultatov** | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Sprejeta moč | Sprejeta moč |
|  |  |
| Razlika med izračunano in izmerjeno sprejeto močjo | Razlika med izračunano in izmerejno sprejeto močjo |
|  |  |
| Lokacija meritev in odstopanja | Lokacija meritev in odstopanja |
| Primerjava meritev in izračuna pokrivanja z modulom r.ericsson | Primerjava meritev in izračuna pokrivanja s programom TEMS |
| **Ljubljana, GSM signal, primerjava izmerjenih in izračunanih rezultatov** | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Sprejeta moč | Sprejeta moč |
|  |  |
| Razlika med izračunano in izmerjeno sprejeto močjo | Razlika med izračunano in izmerejno sprejeto močjo |
|  |  |
| Lokacija meritev in odstopanja | Lokacija meritev in odstopanja |
| Primerjava meritev in izračuna pokrivanja z modulom r.ericsson | Primerjava meritev in izračuna pokrivanja s programom TEMS |
| **Bohinj, UMTS signal, primerjava izmerjenih in izračunanih rezultatov** | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Sprejeta moč | Sprejeta moč |
|  |  |
| Razlika med izračunano in izmerjeno sprejeto močjo | Razlika med izračunano in izmerejno sprejeto močjo |
|  |  |
| Lokacija meritev in odstopanja | Lokacija meritev in odstopanja |
| Primerjava meritev in izračuna pokrivanja z modulom r.ericsson | Primerjava meritev in izračuna pokrivanja s programom TEMS |
| **Ljutomer, UMTS signal, primerjava izmerjenih in izračunanih rezultatov** | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Sprejeta moč | Sprejeta moč |
|  |  |
| Razlika med izračunano in izmerjeno sprejeto močjo | Razlika med izračunano in izmerejno sprejeto močjo |
|  |  |
| Lokacija meritev in odstopanja | Lokacija meritev in odstopanja |
| Primerjava meritev in izračuna pokrivanja z modulom r.ericsson | Primerjava meritev in izračuna pokrivanja s programom TEMS |
| **Ljubljana, UMTS signal, primerjava izmerjenih in izračunanih rezultatov** | |