

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**ODLOČITVENI MODEL ZA POMOČ PRI IZBIRI
TELEKOMUNIKACIJSKEGA SISTEMA**

Ljubljana, maj 2010

ROK ZAJC

IZJAVA

Študent Rok Zajc izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal v soglasju s svetovalcem prof. dr. Vladislavom Rajkovičem, in da v skladu s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim njegovo objavo na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, 5. 5. 2010

Podpis:

KAZALO

UVOD	1
1 TELEKOMUNIKACIJE	3
1.1 TIPI PROMETA IN APLIKACIJE	3
1.2 SIGNALI IN ZMOGLJIVOST PRENOSNE POTI.....	4
1.3 OMREŽJA IN STORITVE.....	5
1.3.1 Radijsko in televizijsko oddajanje	5
1.3.2 Klasična telefonija	5
1.3.3 Mobilna telefonija.....	6
1.3.4 Elektronska pošta.....	6
1.3.5 Svetovni splet in protokoli.....	6
1.3.6 Video na zahtevo	7
1.3.7 Pretočne avdiovizualne storitve.....	7
1.4 PRENOSNI MEDIJI.....	7
1.4.1 Kabel.....	8
1.4.1.1 Sukani par	8
1.4.1.2 Koaksialni kabel	8
1.4.2 Brežžični medij.....	9
1.4.2.1 Mikrovalovi	9
1.4.2.2 Satelitske komunikacije.....	10
1.4.3 Optična vlakna	11
1.5 TRENDI	11
2 RADIJSKE KOMUNIKACIJE.....	12
2.1 ELEKTROMAGNETNA SEVANJA	12
2.1.1 Viri elektromagnetnega sevanja	13
2.1.2 Razširjanje elektromagnetnega valovanja	13
2.1.3 Radijske zveze	14
2.1.4 Zgodovina radijskih zvez.....	14
2.1.5 Radiofrekvenčni spekter	14
2.2 RADIJSKA ZVEZA TOČKA – TOČKA	15
2.2.1 Gradniki radijske zveze točka – točka	15
2.2.1.1 Antena.....	15
2.2.1.2 Zunanja enota	17
2.2.1.3 Notranja enota.....	18
2.2.2 Radijsko razširjanje (propagacija), zanesljivost in razpoložljivost	20
2.2.2.1 Koncept izgub na prenosni poti	21
2.2.2.2 Izguba praznega prostora – pričakovan nivo sprejemnega signala	23
2.2.3 Načrtovanje radijskih zvez	24
2.2.3.1 Parametri kakovosti	24
2.2.3.2 Vidljivost in izbira lokacij.....	24
2.2.3.3 Fresnelova cona	25
2.2.3.4 Preverjanje optične vidljivosti.....	25
2.2.4 Regulativa za radijsko področje.....	26
3 ODLOČANJE IN PODPORA ODLOČANJU	26
3.1 ODLOČANJE.....	27
3.1.1 Vrste odločitev	28

3.1.2	Odločevalec	29
3.1.3	Stili odločanja	31
3.1.4	Modeli odločanja	32
3.1.5	Skupinsko odločanje	35
3.2	PODPORA ODLOČANJU	36
3.2.1	Informacijski sistemi za podporo odločanju	36
3.2.1.1	Definicija informacijskega sistema	36
3.2.1.2	Vrste informacijskih sistemov	37
3.2.2	Večparametrsko odločanje	41
3.2.3	Faze odločitvenega procesa	44
3.2.3.1	Identifikacija problema	44
3.2.3.2	Identifikacija kriterijev	45
3.2.3.3	Definicija funkcij koristnosti	45
3.2.3.4	Opis variant	45
3.2.3.5	Vrednotenje in analiza variant	45
3.2.4	Pomanjkljivosti v procesu odločanja	46
3.2.5	DEX kot lupina ekspertnega sistema za večparametrsko ocenjevanje in odločanje	47
3.2.6	VREDANA	49
4	PREDLOG MODELA OCENJEVANJA	49
4.1	IZGRADNJA ODLOČITVENEGA MODELA	50
4.1.1	Definicija problema in odločitvena skupina	50
4.1.2	Drevesa kriterijev	50
4.1.3	Seznam kriterijev in njihova struktura	51
4.1.3.1	Kriteriji v povezavi s tehničnimi lastnostmi sistema	51
4.1.3.2	Kriteriji v povezavi z upravljanjem in podporo	54
4.1.3.3	Kriteriji v povezavi s stroški lastništva	55
4.1.4	Opis kriterijev	56
4.1.4.1	Opis kriterijev v povezavi s tehničnimi lastnostmi sistema	56
4.1.4.2	Opis kriterijev v povezavi z upravljanjem in podporo	62
4.1.4.3	Opis kriterijev v povezavi s stroški lastništva	65
4.1.5	Zaloge vrednosti kriterijev	66
4.1.6	Funkcije koristnosti	67
4.1.6.1	Funkcije koristnosti v povezavi s tehničnimi lastnostmi sistema	68
4.1.6.2	Funkcije koristnosti v povezavi z upravljanjem in podporo	70
4.1.6.3	Funkcije koristnosti v povezavi s stroški lastništva	71
4.1.7	Primerjava pomembnosti kriterijev	71
4.2	VREDNOTENJE IN ANALIZA ODLOČITVENEGA MODELA	71
4.2.1	Opredelitev problema	71
4.2.2	Opis variant	73
4.2.3	Rezultati vrednotenja	74
4.2.4	»Kaj-če« analiza	77
4.2.4.1	Rezultati spreminjanja vrednosti kriterijev	77
4.2.4.2	Rezultati spreminjanja odločitvenih pravil	82
4.2.4.3	Povzetek spreminjanja odločitvenih pravil	86
SKLEP	87

LITERATURA IN VIRI	87
PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Funkcijski blok diagram tipične zunanje radijske enote	17
Slika 2: Funkcijski blok diagram tipične notranje enote	19
Slika 3: Osnovni model koncepta prenosnih izgub	22
Slika 4: Primer procesa odločanja	30
Slika 5: Gradnja in implementacija modelov odločanja.....	35
Slika 6: Večparametrski hierarhični odločitveni model	42
Slika 7: Shematični prikaz strukture sistema za ocenjevanje	48
Slika 8: Hierarhično drevo TK sistem	51
Slika 9: Hierarhično drevo Tehnične lastnosti	51
Slika 10: Hierarhično drevo Splošne tehnične lastnosti	53
Slika 11: Hierarhično drevo Radijske tehnične lastnosti.....	54
Slika 12: Hierarhično drevo Okoljske tehnične lastnosti	54
Slika 13: Hierarhično drevo Upravljanje in podpora.....	55
Slika 14: Hierarhično drevo Stroški lastništva	56
Slika 15: Predlagane zaloge vrednosti kriterijev	67
Slika 16: Grafični prikaz vrednotenja radijskih sistemov	75
Slika 17: Tabelarni prikaz vrednotenja radijskih sistemov	76
Slika 18: Zvezdni grafikoni vrednotenja TK sistemov.....	77

KAZALO TABEL

Tabela 1: Spekter elektromagnetnega sevanja po frekvencah z ustaljenimi oznakami in značilnimi viri.....	12
--	----

POVZETEK

ODLOČITVENI MODEL ZA POMOČ PRI IZBIRI TELEKOMUNIKACIJSKEGA SISTEMA

Magistrsko delo obravnava problematiko izbire najustreznejšega telekomunikacijskega sistema v skladu s konkretnimi zahtevami znanega investitorja. V ta namen je bil zgrajen odločitveni model z metodo večparametrskega odločanja in ob pomoči računalniškega programa DEXi, lupine ekspertnega sistema. Ob pomoči odločitvenega modela so bili analizirani in ovrednoteni štirje relevantni telekomunikacijski sistemi, kot dodatna pomoč pa je bil uporabljen računalniški program VREDANA. Zgrajen odločitveni model predstavlja nov, razširjen in poglobljen pogled na obravnavano problematiko, uporabljena metodologija in orodja pa so se pokazali kot zelo primerni za uporabo.

Ključne besede: večparametrsko odločanje, sistemi za podporo odločanju, odločitveni model, DEXi, telekomunikacijski sistem, radijske komunikacije.

ABSTRACT

DECISION MODEL FOR HELP AT SELECTION OF TELECOMMUNICATION SYSTEM

This Master's thesis deals with the problems of choosing the most suitable telecommunication system in accordance with the exact demands of a known investor. For that purpose, a decision model was built using the method of multi-attribute decision making and with the help of the DEXi computer programme, the shell of an expert system. Four relevant telecommunication systems were analysed and evaluated with the help of the decision model, and the VREDANA computer programme was used as additional aid. The decision model built presents a new, comprehensive and in-depth look at the chosen topic, where the methodology and tools used proved very appropriate for use.

Keywords: multi-attribute decision making, decision support systems, decision model, DEXi, telecommunication system, radio communications.

UVOD

Vse hitrejši razvoj novih tehnologij, skupaj s stalno rastjo zahtev in potreb trga ter večanje konkurence silijo podjetja v čedalje ostrejši boj za obstanek, kar je ob recesiji v zadnjem času še posebej pomembno. Uspešna podjetja morajo biti zato zelo hitra, fleksibilna in izbirati pravilne strateške odločitve, kar pomeni, da so izpostavljena velikim pritiskom v boju za tržne deleže, še zlasti v tako zanimivih in hitro razvijajočih se panogah kot so telekomunikacije (Bešter, 2003, str. 1-3).

Pri tem je pomembno, da se izoblikuje ustrezna strategija nastopanja na trgu s primernimi izdelki in storitvami. Trg telekomunikacij je eden izmed najhitreje razvijajočih se in preživijo le tista podjetja, ki so se sposobna prilagajati novim smernicam in potrebam uporabnikov. Glavni dejavniki tega razvoja so hiter razvoj tehnologij, nižanje cen opreme in storitev, spreminjanje telekomunikacijske platforme in v končni fazi tudi liberalizacija (Nacionalni program razvoja telekomunikacij, 2000, str. 35).

Podjetja, ki nastopajo kot ponudniki opreme in storitev, se soočajo s pomembnimi odločitvami, kako ponuditi prave zadeve na tem zahtevnem tržišču, da bodo uspeli in izpolnili zahteve in interese kupcev. To so zahtevne odločitve, ki morajo biti skrbno pretehtane in dolgoročno usmerjene, da bo podjetje aktivno prisotno na tržišču, poleg tega pa je za kupca zelo pomembno, kakšno opremo bo izbral, kajti na podlagi tega bo grajeno prihodnje poslovanje, ki bo pomenilo nadgradnjo oziroma razširitev obstoječih kapacitet. V magistrskem delu obravnavam izbiro ustreznega telekomunikacijskega sistema, pri čemer je pomembno, da se znotraj podjetja pravilno odločimo, kateri sistem najbolj ustreza zahtevam in potrebam stranke oz. investitorja in takega tudi predlagati. Telekomunikacijski sistem mora biti skrbno izbran, upoštevajoč različne karakteristike, kot so med drugim tudi tehnične lastnosti, ekonomski vidik, dosedanje izkušnje v sodelovanju z določenimi proizvajalci, okoljevarstveni moment in drugo.

Zaradi vseh omenjenih dejstev je odločitev o izbiri ustreznega telekomunikacijskega sistema zahtevna in ima za podjetje širši pomen in velike posledice. Lahko torej ugotovimo, da si uspešna podjetja pomagajo s sistemom za podporo odločanju, ki upošteva različne kriterije posameznega telekomunikacijskega sistema za določene potrebe posameznega investitorja (Novak & Gradišar, 2000, str. 248).

Problematika pravilnega odločanja je mnogokrat zastopana in v ta namen je bilo razvitih veliko metod in programov za podporo odločanju. Ena izmed njih je metoda večparametrskega odločanja, ki je zasnovana v okviru odločitvene teorije in teorije koristnosti in se v praksi uspešno uporablja pri podpori zahtevnih odločitvenih problemov (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 427-429).

Glavni namen magistrskega dela je predstavitev večparametrskega načina odločanja, pri čemer služi kot primer praktična izbira najustreznejšega telekomunikacijskega sistema. Na podlagi rezultatov bom v delu prikazal sam odločitveni proces in ocenil primernost modela za uporabo pri zahtevnih odločitvah.

Uporabil bom večparametrski odločitveni model, v okviru procesa odločanja pa bomo ustanovili posebno ekipo, ki bo vpletena v odločitev o izbiri ustreznega telekomunikacijskega sistema. Z omenjeno skupino bomo izvedli proces odločanja, od identifikacije problema, preko faz identifikacije kriterijev in definicije funkcije koristnosti, do opisa in vrednotenja

variant. Kot pripomoček bo uporabljeno orodje DEXi, ki predstavlja lupino ekspertnega sistema za večparametrsko odločanje in je eno najprimernejših.

Na podlagi rezultatov bom v delu prikazal sam odločitveni proces, s poudarkom na večparametrskem odločanju in ocenil primernost modela za uporabo pri zahtevnih odločitvah. Poleg tega pa bom ugotavljal smotrnost uporabe takega načina odločanja v podjetju nasploh.

Velika prednost orodja je možnost primerjave posameznih variant pri spreminjanju različnih kriterijev ter možnost spreminjanja vrednotenja posameznih variant. Ko je enkrat izoblikovan model, ga uporabimo predvsem zato, da z njim ovrednotimo variante in na tej osnovi izberemo najboljšo (Bohanec, Zupan & Rajkovič, 2000, str. 191).

Cilj

Sistemi za podporo odločanju so torej v veliko pomoč pri pomembnejših odločitvah, ki jih je na prvi pogled praktično nemogoče ustrezno ovrednotiti in imajo hkrati tudi velik finančni in dolgoročni učinek na poslovanje podjetja.

Glavni cilji dela so:

- zgraditi sistematični model za podporo odločanju in preizkusiti njegovo delovanje v praksi s konkretno implementacijo. Kot pomoč bo služilo orodje DEXi, kot lupina ekspertnega sistema za večparametrsko ocenjevanje in odločanje;
- poglobljeno obravnavanje večparametrskega odločanja, ki temelji na razgradnji glavnega problema na manjše probleme, obravnavanje ter splošen pregled telekomunikacij in natančnejša raziskava področja radijskih komunikacij, ki so predmet odločitvenega problema;
- izvesti analizo, oceniti in ustrezno ovrednotiti variante, kjer se določi uteži posameznih kriterijev in uteženo vrednost za vsak sistem.

Prikazal bom tudi smotrnost uvajanja sistemov za podporo odločanju v stalno prakso, predvsem za zahtevne odločitve, ki imajo dolgoročni vpliv na poslovanje podjetja.

Metode dela

V magistrskem delu se bom po eni strani opiral na teoretične osnove večparametrskega odločanja in telekomunikacij, kjer bodo vključeni strokovna poglobitev in znanstveno-raziskovalna raven. Po drugi strani pa bom zgradil konkreten odločitveni model kot sistem za podporo odločanju, kjer bom kot pripomoček uporabil orodje DEXi in sicer predvsem iz dveh razlogov. Prvi je, da program nudi aktivno podporo pri definiranju funkcij koristnosti in drugi, da je pomemben del odločitvenega procesa pri uporabi orodja DEXi ravno razlaga in analiza rezultatov vrednotenja. Za prikaz rezultatov vrednotenja posameznih variant pa bom zaradi boljše preglednosti uporabil program VREDANA.

Pri teoretični raziskavi bom na podlagi razpoložljive domače in tuje strokovne literature preučil dejstva v svetu telekomunikacij, ocenil stanje v svetu in pri nas in skušal predvideti trende razvoja. Posebno poglobljeno bom obravnaval radijske komunikacije in sisteme, še posebej tehnologijo, ki je aktualna pri izbiri najustreznejšega telekomunikacijskega sistema. V pomoč pri zbiranju in študiju literature bodo tudi elektronski mediji in tehnični podatki

aktualnih proizvajalcev radijske opreme. Prav tako bom obravnaval tudi področje o odločanju in večparametrskem odločanju, ki je osnova pri gradnji modela.

Z analizo bom izdelal odločitveni model izbire najustreznejšega telekomunikacijskega sistema, ki mu bo sledila verifikacija in analiza predlaganega ciljnega modela. Na koncu bo opredeljen še predlog načina implementacije izbranega telekomunikacijskega sistema in možne težave pri izvedbi.

1 TELEKOMUNIKACIJE

Telekomunikacije so danes ena najpomembnejših gospodarskih vej in ključni element uspešnega poslovanja. Beseda telekomunikacije se uporablja tako pogosto in v toliko različnih situacijah, da je postala del našega vsakdanjika. Telekomunikacije pa niso le skupek tehnologij, temveč predstavljajo ogromno globalno industrijo, so posel in zakon 21. stoletja, ki močno vpliva na ekonomijo in predstavlja način življenja (Goleniewski, 2002, str. 3).

Beseda telekomunikacije ima izvor v stari grščini, kjer *tele* pomeni »preko razdalje« in *communicara* »možnost deliti«. Pojem telekomunikacije torej dobesedno pomeni »deliti informacije preko razdalje«. Lahko rečemo torej, da so telekomunikacije vsak prenos, oddajanje ali sprejemanje signalov, pisane besede, slike, zvoka ali sporočil po žičnih, radijskih, optičnih ali drugih elektromagnetnih sistemih.

Hiter razvoj tehnike je omogočil izgradnjo vedno večjih in bolj razvejanih omrežij, prenosne hitrosti po teh omrežjih pa so močno narasle. Uporabniki postajajo vse zahtevnejši, zahtevajo visoke pasovne širine, prenos v realnem času, veliko zanesljivost in dostopnost: kjerkoli in kadarkoli, kar predstavlja izziv in interes ponudnikov storitev, da tem potrebam zadostijo (Tomažič, 2001, str. 1).

1.1 TIPI PROMETA IN APLIKACIJE

Pred natančnejšimi opisi tehnologij v telekomunikacijah je pomembno razumevanje gonilnih sil, ki poganjajo to industrijo. Pomembno je razumeti, kakšen vpliv imajo ti gonilniki na promet v omrežju in kako vplivajo na infrastrukturo omrežja. V današnjem okolju telekomunikacij srečujemo v glavnem štiri glavne tipe prometa, od katerih ima vsak različne zahteve v smislu kapacitete omrežja, tolerance do zakasnitev – še posebno spreminjanje zakasnitev v omrežju in toleranco za morebitne zastoje ter posledično izgube paketov v omrežju (Goleniewski, 2002, str. 8-9):

- Govor – govorni promet je v razvitem svetu že leta del vsakdanjika in mnogo naročniških linij je bilo zagotovljenih tekom let. Kljub temu pa je v svetu še vedno 3 milijarde ljudi, ki še niso nikoli uporabljali osnovnih telefonskih storitev. Govorne komunikacije so ozkopasovne, kar pomeni, da ne potrebujejo velike prenosne hitrosti v omrežju, morajo pa zagotavljati majhne zakasnitve za avtentičen prenos govora v realnem času.
- Podatki – Podatkovne komunikacije predstavljajo izmenjavo digitaliziranih informacij med dvema napravama. Odvisno od aplikacij, ki so predmet prenosa, se spreminja potreba po pasovni širini, ki je lahko srednje velika ali pa velika. S prenosom videa se večja potreba po pasovni širini in poveča pomembnost nadzora in zmanjšanja zakasnitev. Podatkovni promet narašča precej hitreje kot govorni.

- Slika – Prenos slik zahteva pasovno širino, ki je odvisna od zahtevane resolucije in dovoljuje določeno mero zakasnitev, saj vsebuje elemente brez gibanja, na katere bi lahko močnejše vplivale nepravilnosti v omrežju.
- Video – Video komunikacije so čedalje popularnejše in zahtevajo vedno večjo pasovno širino ter so zelo občutljive na zakasnitve. Zato je smiselno najti rešitev, kako omogočiti prenos videa preko omrežne infrastrukture, ki ga podpira in po ceni, katero bodo uporabniki še pripravljene plačati.

Pogosto slišani pojem pri razpravljanju o telekomunikacijah je pasovna širina. V preteklosti je bila pasovna širina zelo draga, saj je bila osnovana na delitvi omejenih fizičnih resursov, kot so npr. bakreni pari in koaksialni kabli. Danes se pasovna širina večinoma nanaša na kapaciteto omrežja ali zveze in se meri v bitih na sekundo (bit/s). V bistvu je pasovna širina odvisna od frekvenčnega območja, večja kot je razlika med najnižjo in najvišjo frekvenco, ki jo podpira, večja je količina prenesene informacije.

Novi tipi prometa v omrežju vodijo k novim aplikacijam, ki niso več le enostaven prenos govora in tekstovnih podatkov, temveč gre za kombinacijo različnih tipov medijev. Razvoj in nadgradnjo omrežja v veliki meri narekuje tudi zabavna industrija, ki vključuje urejanje videa, kreiranje digitalnih vsebin, 3D igranje in razne aplikacije virtualne resničnosti.

Naslednji tip aplikacij, ki je vedno bolj pomemben, je pretočni medij, saj je vedno večja potreba po zagotavljanju informacij v realnem času in sicer v zabavni industriji, izobraževanju, šolanju, predstavitev strankam in v telemedicini. Tudi elektronsko poslovanje in mobilno poslovanje sta prinesla nove zahteve za upravljanje vsebin, transakcije in orodja za varnost (Jerman-Blažič et al., 2001, str. 13).

1.2 SIGNALI IN ZMOGLJIVOST PRENOSNE POTI

Izvirne informacijske signale lahko kot funkcijo časa razdelimo v dve skupini (Bešter & Pehani, 2002, str. 1):

- analogni signali, kot sta govorni in slikovni signal in
- diskretni signali, ki lahko kot funkcije časa zavzamejo samo določeno število diskretnih vrednosti. Tak je npr. binarni digitalni signal.

Digitalni signal predstavlja zaporedje, sestavljeno iz elementarnih signalov (diskretnih ali analognih simbolov), od katerih vsak traja določen časovni interval, imenovan tudi bit. Digitalne signale lahko delimo v:

- diskretni digitalni signali, pri katerih imajo elementarni signali konstantno vrednost in
- analogni digitalni signali, pri katerih so elementarni signali določeni analogni signali.

Pri analognem prenosu zelo težko enoumno definiramo zmogljivost, saj na kakovost prenosa vplivajo pasovna širina, linearno in nelinearno popačenje, šum in slabljenje (Tomažič, 2001, str. 1).

Pri digitalnem prenosu je zmogljivost prenosne poti nekoliko lažje definirati, saj lahko vsako sporočilo zapišemo kot niz binarnih simbolov (bitov), ki lahko zavzamejo le dve vrednosti (0 ali 1). Zmogljivost prenosne poti je v tem primeru določena z največjim številom bitov, ki jih lahko po prenosni poti prenesemo v eni sekundi.

Samo podatek o največjem bitnem pretoku pa še ne pove dovolj o zmogljivosti, saj lahko med samim prenosom pride tudi do napak. Teoretično zato govorimo o največjem bitnem pretoku brez napake, praktično pa o maksimalnem pretoku ob sprejemljivi pogostosti napak oz. deležu napačnih bitov (angl. *BER - Bit Error Rate*). Tudi podatek o maksimalnem pretoku pri omejeni pogostosti napak ne pove dovolj, saj se lahko zgodi, da so v zapisu tudi odvečni biti ali redundanca. Večina sporočil, ki jih neposredno pretvorimo v binarno obliko, vsebuje redundanco, ki jo je mogoče delno izločiti z uporabo ustreznega kodiranja in na ta način zapis skrajšati.

Pri resnični oceni prenosne zmogljivosti je tako potrebno dopustiti tudi stiskanje sporočila pred oddajo in njegovo razširjanje pri sprejemu. Kot pravi Tomažič (2001, str. 2), se definicija zmogljivosti prenosne poti glasi: »Največji možen bitni pretok pri prenosu sporočila brez redundance, ne da bi naredili napako pri sprejemu, imenujemo tudi kapaciteta prenosne poti oziroma kapaciteta komunikacijskega kanala«.

Kaj omejuje zmogljivost? Za prenos v sodobnih telekomunikacijskih sistemih uporabljamo skoraj izključno elektromagnetno valovanje, pa naj gre za prenos po žičnih vodih, optičnih vlaknih ali atmosferi. Pred prenosom niz simbolov pretvorimo v elektromagnetni signal, ki pa se na prenosni poti lahko pokvari in povzroči napako pri prenosu. Glavni vzroki za to so:

- slabljenje signala,
- omejitev pasovne širine,
- popačenje oblike signala in
- dodajanje motenj oz. šuma signalu.

Glede na vse zgornje kriterije imajo optična vlakna prednost pred drugimi prenosnimi potmi, zato imajo tudi največjo zmogljivost.

1.3 OMREŽJA IN STORITVE

Komunikacijsko omrežje je v svoji osnovni obliki nabor opreme in zmožnosti, ki zagotavlja storitev prenosa informacij med uporabniki na geografsko različnih lokacijah. V nadaljevanju bom nanizal nekaj storitev, ki jih omogočajo obstoječa omrežja in so opredeljena s stališča zahtev uporabnika, kot so kakovost storitev, možnosti in lastnosti (Leon-Garcia & Widjaja, 2001, str. 2).

1.3.1 Radijsko in televizijsko oddajanje

Radijsko in televizijsko oddajanje je najverjetneje najbolj uporabljena komunikacijska storitev, kjer postaje (programi) simultano oddajajo nabor signalov preko različnih tipov omrežij. Vloga uporabnikov je pasivna, pričakuje se relativno visoka kakovost zvoka in slike, dovoljuje pa se dokaj velike zakasnitve.

1.3.2 Klasična telefonija

Klasična telefonija je najbolj uporabljena storitev v realnem času, ki jo zagotavlja komunikacijsko omrežje. Ta storitev je povezano orientirana, saj se morajo uporabniki najprej povezati z omrežjem, da se vzpostavi ustrezna povezava. Zahteva se storitev v realnem času, kjer za ustrezno komunikacijo zakasnitve ne smejo biti večje od delčka sekunde (običajno 250 milisekund). Mora biti zanesljiva, kar pomeni, da takrat, ko je povezava

vzpostavljena, ne sme priti do prekinitve zaradi napak v omrežju. Telefonski uporabniki pričakujejo, da je omrežje zmožno za vzpostavitev želene povezave ob vsakem času, pri čemer pa varnost in zasebnost pogovorov v nekaterih situacijah nista na najvišji ravni.

1.3.3 Mobilna telefonija

Mobilna telefonija razširja storitev klasične telefonije mobilnim uporabnikom, ki se lahko gibljejo znotraj celic, področij pokrivanja. Vsaka celica ima radijski prenosni sistem, ki omogoča komunikacijo z uporabniki. Dandanes so razvojne aktivnosti močno usmerjene v smeri podatkovnih prenosov, zato bodo mobilna omrežja nedvomno eden od pomembnih načinov dostopa uporabnikov do interneta (Štular, Umek & Leonardis, 2000, str. 34).

Prvi sistem mobilne telefonije je bil analogni sistem prve generacije (angl. *NMT - Nordic Mobile Telephone*), ki se je umaknil sistemom višjih generacij, saj ima Globalni sistem mobilne telefonije (angl. *GSM - Global System for Mobile Communications*) precej prednosti in je v svetovnem merilu presegel vsa pričakovanja (Štular, 2000, str. 24). Satelitski sistemi niso zaživel tako, kot je bilo pričakovati, kljub temu pa bodo v prihodnosti nujni, če želimo pokrivati celo zemeljsko oblo. Kot sistem tretje generacije mobilnih telefonov se je uveljavil Univerzalni mobilni telekomunikacijski sistem (angl. *UMTS - Universal Mobile Telecommunication System*), še bolj usmerjen v prenos podatkov, večanje prenosnih hitrosti pa se še vedno nadaljuje in mobilna omrežja postajajo vse konkurenčnejša.

Mobilna telefonija je podvržena možnosti za slabšo kakovost govora, manjšo razpoložljivost in večjo izpostavljenost za prisluškovanje.

1.3.4 Elektronska pošta

Tudi ta storitev je zelo uporabljena, kjer gre za to, da uporabnik običajno pošlje tekstovno sporočilo, ime in/ali naslov aplikaciji za elektronsko pošto. Aplikacija komunicira z lokalnim poštnim strežnikom, ki preko računalniškega omrežja pošlje sporočilo ciljnemu strežniku. Elektronska pošta ni storitev v realnem času, zato so dopustne dokaj velike zakasnitve. Prav tako ni povezavno orientirana, saj ni nujno, da se takoj vzpostavi omrežna povezava za vsako sporočilo. Zahteva se zanesljivost do neke mere, saj morajo biti sporočila dostavljena brez napak in na pravi naslov, medtem ko sta varnost in zasebnost lahko vprašljivi.

1.3.5 Svetovni splet in protokoli

Veliko aplikacij, ki vključujejo interakcijo med procesi, ki tečejo na dveh računalnikih, lahko označimo kot odjemalec/strežnik interakcijo. Na primer odjemalec začne s procesom dostopa do določene datoteke na nekem strežniku. Aplikacije svetovnega spleta (angl. *WWW - World Wide Web*) tipizirajo to interakcijo. Do aplikacij svetovnega spleta se lahko dostopa ob pomoči brskalnega programa, ki prikaže dokumente in omogoča uporabniku dostop do drugih dokumentov s klikom na določeno povezavo. Vsaka povezava zagotovi brskalniku naslov vira v enotni obliki (angl. *URL - Uniform resource locator*), ki določuje ime naprave, kjer je dokument in ime datoteke, ki ta dokument vsebuje (Leon-Garcia & Widjaja, 2001, str. 4-5).

Ko imamo opravka z omrežji, naletimo na množico protokolov, ki omogočajo sporazumevanje med napravami. Protokol je skupek pravil, ki določajo, kako naj se dve napravi med seboj sporazumevata. Pri brskanju po svetovnem spletu, protokol za prenos hiperteksta (angl. *http - HyperText Transfer Protocol*) določa, kako naj se med seboj

sporazumevata spletni odjemalec in strežnik. Namen protokola je zagotoviti določen tip storitve. HTTP na primer omogoča dostop do spletnih strani. Ostali primeri protokolov so: protokol za prenos datotek (angl. *FTP - File Transfer Protokol*), protokol za elektronsko pošto (angl. *SMTP - Simple Mail Transfer Protocol*), internetni protokol (angl. *IP - Internet Protocol*) za prenos paketov in sistem domenskih imen (angl. *DNS - Domain Name System*) za pregled IP naslovov. V primeru svetovnega spleta uporablja HTTP povezavno storitev, ki jo zagotavlja protokol za nadzor prenosa (angl. *TCP - Transmission Control Protocol*).

1.3.6 Video na zahtevo

Tudi video na zahtevo je interaktivna storitev, saj je bistvo te storitve zagotavljanje dostopa do video »knjižnice«, ki je na neki oddaljeni lokaciji. Poleg tega zagotavlja funkcije, podobne video predvajalniku, kot so počasni posnetek, hitro previjanje naprej in nazaj, zamrznjena slika in pavza.

Video na zahtevo ni aplikacija v realnem času in lahko dovoljuje zakasnitve do določene mere. Kakovost zvoka in slike mora biti relativno visoka, varnost in zasebnost pa predstavljata problem predvsem v začetni fazi, ko se izvajata izbira in plačilo storitve (Muller, 2002, str. 1118).

1.3.7 Pretočne avdiovizualne storitve

Avdiovizualne storitve preko interneta so podobna storitev kot video na zahtevo. V tem primeru se uporablja določena aplikacija za dostop do avdiovizualnih vsebin, ki jih oddaja določen kanal. S klikom na določeno povezavo se začne proces, ko multimedijski strežnik začne pošiljati tok informacij odjemalcu. Odjemalčeva aplikacija procesira tok, da se prikažeta zvok in gibljiva slika, podobno kot televizija prikaže program. Storitev je na zahtevo v tem smislu, da uporabnik določa kdaj naj se prikazovanje začne, toda stopnja interaktivnosti je omejena.

Zahtevnejše interaktivne storitve predstavlja primer, ko sta vključena več kot dva uporabnika, kot je na primer avdio konferenca. V tem primeru gre za izmenjavo govornih signalov med več uporabniki. Omrežje mora zagotavljati povezanost med uporabniki in kombinirati različne govorne signale v normalen skupinski pogovor.

Še zahtevnejše interaktivne storitve so, kadar so zahteve avdio in video konference kombinirane z zahtevami po odzivu v realnem času. Tak primer je lahko situacija, kjer je skupina ljudi z več napravami v interakciji z dejanskim problemom, npr. kompleksna operacija.

1.4 PRENOSNI MEDIJI

Prenosni mediji so fizične poti, ki povezujejo naprave in ljudi v komunikacijskem omrežju. Vsak prenosni medij zahteva določeno omrežno strojno opremo, ki je kompatibilna z določenim medijem. Ločimo tri glavne kategorije medijev (Goleniewski, 2002, str. 56-67): kabel, brezžični medij in optična vlakna. Za nobenega od njih ne moremo reči, da je najboljši, temveč je njihova uporaba odvisna od dane situacije. V nadaljevanju sledi natančnejši opis posameznih prenosnih medijev.

1.4.1 Kabel

Tipa kablov, ki se večinoma uporabljata sta sukani par in koaksialni kabel. Slabost kabla je, da ima omejen frekvenčni spekter.

1.4.1.1 Sukani par

Sukani par je osnova za javno telefonsko omrežje in celo danes veliko uporabnikov dostopa do telekomunikacijskega omrežja preko lokalne zanke, zgrajene na osnovi sukanih parov. Uporablja se tako za klasične analogne naročniške linije, kot tudi digitalne, bodisi za digitalno omrežje z integriranimi storitvam (angl. *ISDN - Integrated Services Digital Network*) bodisi za družino digitalnih naročniških linij (angl. *DSL - Digital Subscriber Line*).

Prednosti sukanih parov:

- velika razpoložljivost – v svetu je implementiranih več kot milijarda telefonskih naročniških linij.

Slabosti:

- omejen frekvenčni spekter – skupni uporabni frekvenčni spekter je približno 1 MHz,
- omejen prenos podatkov – hitrost prenosa podatkov pada z razdaljo,
- velika pogostost napak – sukani par je občutljiv na motnje.

1.4.1.2 Koaksialni kabel

Koaksialni kabel ima večji frekvenčni spekter kot sukani par – običajno 370 MHz, zato omogoča večje pasovne širine in ob pomoči multipleksirnih tehnik tudi več kanalov. Je manj občutljiv na motnje, saj njegova sestava s kovinsko folijo ščiti prevodni del.

Prednosti koaksialnih kablov:

- širokopasovni sistem,
- večja kapaciteta kanala,
- večja pasovna širina,
- manjša pogostost napak,
- večja oddaljenost med ojačevalniki.

Slabosti koaksialnih kablov:

- problemi pri arhitekturi omrežja – predvideva topologijo v obliki vodila, ki je občutljiva na šum,
- velik šum,
- visoki stroški inštalacije.

1.4.2 Brezžični medij

Brezžični medij vključuje radijske frekvence, mikrovalove, satelitske in infrardeče zveze. Implementacija brezžičnih medijev je hitrejša in cenejša od kabla, hkrati pa zelo uporabna v primerih, kjer okoljske razmere onemogočajo polaganje kabla.

1.4.2.1 Mikrovalovi

Mikrovalove predstavlja frekvenčni pas od 1 GHz do 100 GHz, vendar pa današnji sistemi ne obratujejo preko celotnega frekvenčnega pasu. Pri frekvencah nad 60 GHz je močnejše prisoten sloj kisika, kjer obdajajoči kisik absorbira mikrovalove. Pasovna širina je pogosto omejena s tehnologijo in regulativo (Lee, 2004, str. 37-40).

Razširjanje mikrovalov je predmet določenih negotovosti v fizičnem okolju. Kovine v ozračju, padavine, megla in drugi faktorji lahko povzročajo odboje in posledično degradacijo signala.

Pri načrtovanju infrastrukture na osnovi mikrovalov je potrebno upoštevati frekvenčno področje, saj se z višjo frekvenco dolžina radijske zveze zmanjšuje. Poleg tega je širina snopa anten zelo majhna in je potrebna optična vidljivost med obema točkama radijske zveze.

Prednosti mikrovalov:

- nižji stroški,
- prenosnost in fleksibilnost – mikrovalovno zvezo je mogoče prestaviti na nove lokacije, kar pri kabliah ni mogoče,
- velika pasovna širina – prenašati je mogoče aplikacije, ki zahtevajo veliko pasovno širino (video, multimedija).

Glavne slabosti pa so:

- potrebna je optična vidljivost,
- občutljivost na okoljske vplive – npr. nevihte lahko povzročijo izpad signala, kar je potrebno predvideti,
- potrebno je pridobiti licence s strani regulatorne agencije,
- morebitne okoljevarstvene prepovedi – v nekaterih primerih (okoljih) ni dovoljeno postaviti stolpov ali pa morajo biti ti prikriti.

Aplikacije in razvoj pri mikrovalovnih zvezah

V zadnjem času nastajajo številne aplikacije, ki uporabljajo mikrovalove kot medij. Brezžična lokalna zanka je sicer v uporabi že nekaj časa in zmanjšuje stroške priključevanja naročnikov v omrežja. Tudi za širokopasovni dostop preko mikrovalovnih zvez poznamo rešitve, kot sta denimo večkanalska večtočkovna razdelilna storitev (angl. *MMDS - Multichannel Multipoint Distribution Service*) in krajevna večtočkovna razdelilna storitev (angl. *LMDS - Local Multipoint Distribution Service*). V zadnjem času je zelo razširjeno tudi svetovno združljivo delovanje pri mikrovalovnem dostopu (angl. *WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access*), ki spada med sisteme točka – več točk.

1.4.2.2 Satelitske komunikacije

Prvi eksperimentalni satelit ja lansirala NASA leta 1963, prvi satelit za komercialno rabo pa je bil uporabljen leta 1965, ki tako označuje začetek uporabe satelitskih komunikacij. V glavnem ločimo tri tipe satelitskih zvez (Bates, 2002, str. 379):

- fiksne satelitske zveze, ki delujejo v C in Ku frekvenčnem pasu,
- razpršeno oddajanje (angl. *broadcast*), ki vključuje standardno televizijo in direktno oddajanje,
- mobilne satelitske zveze, ki delujejo v L in Ka frekvenčnem pasu.

Frekvenčni pasovi, ki se uporabljajo pri satelitskih komunikacijah, so (Goleniewski, 2002, str. 74-82):

- C pas – je nižji frekvenčni pas, kjer se oddaja v smeri proti satelitu pri 6 GHz in v smeri od satelita pri 4 GHz. Prednost tega frekvenčnega področja je ta, da je prenos razmeroma robusten in manj občutljiv na vremenske razmere.
- Ku pas – pri tem pasu se oddaja v smeri proti satelitu pri 14 GHz in v smeri od satelita pri 11 GHz. Prednost tega frekvenčnega področja je, da je ta frekvenca običajno rezervirana za satelitsko uporabo in ni motenj s strani zemeljskih sistemov. Je pa ta frekvenca malo višja in tako bolj občutljiva na vremenske razmere.
- Ka pas – je področje za uporabo širokopasovnih sistemov. Glavna prednost je, da deluje na širokem frekvenčnem področju: v smeri proti satelitu pri 30 GHz in v smeri od satelita pri 20 GHz. Slabost je še večja občutljivost na vremenske razmere, saj je frekvenca še višja.
- L pas – obsega področje med 390 in 1550 MHz in omogoča uporabo različnih mobilnih in fiksnih aplikacij.

Satelitski sistemi za javno uporabo uporabljajo tri vrste krožnih zemeljskih tirnic (Štular, Umek & Leonardis, 2000, str. 42):

- nizke zemeljske tirnice (angl. *LEO - Low Earth Orbit*) na višini od 200 do 1500 km nad površjem zemlje,
- srednje zemeljske tirnice (angl. *MEO - Medium Earth Orbit*) na višini od 5000 do 13000 km nad površjem zemlje,
- geostacionarno zemeljsko tirnico (angl. *GEO - Geostationary Orbit*) na višini 35786 km nad ekvatorjem.

Prednosti satelitskih komunikacij so:

- dostop do oddaljenih področij,
- pokrivanje velikega področja,
- različne topologije,
- stroški neodvisni od razdalj.

Slabosti satelitskih komunikacij so:

- veliki začetni stroški,
- zahteve po licenciranju,
- regulatorne ovire v nekaterih področjih,

- zakasnitve pri prenosu.

1.4.3 Optična vlakna

Optična vlakna delujejo na področju vidne svetlobe, med 10^{14} in 10^{15} Hz in omogočajo veliko pasovno širino ter imunost na motnje in šum. To zagotavlja čisto komunikacijo, slaba stran pa je večji strošek implementacije. Različni materiali optičnih vlaken so optimizirani za različne valovne dolžine (valovna dolžina je širina valov, ki se prenašajo). Standardi trenutno podpirajo tri valovne dolžine za prenos preko optičnih vlaken: 850, 1300 in 1550 nm, vsak od teh pasov pa je širok približno 200 nm.

Prednosti optičnih vlaken (Goleniewski, 2002, str. 90):

- zelo visoka hitrost prenosa,
- modularnost – ob isti infrastrukturi se z dodajanjem aktivne opreme povečuje zmogljivost omrežja,
- neobčutljivost na elektromagnetne motnje,
- varen in zanesljiv prenos.

Slabosti optičnih vlaken:

- veliki stroški implementacije,
- potrebna je posebna testna oprema,
- ranljivost pri fizičnih poškodbah.

Uporaba optičnih vlaken še vedno predstavlja najzanesljivejši prenosni medij in zaenkrat ni na vidiku nobene druge tehnologije, ki bi jo izpodrinila. Implementacija optičnih vlaken se s področja prenosnih omrežij čedalje bolj pomika do končnega uporabnika oz. do doma (angl. *FTTH – Fiber to the home*).

1.5 TRENDI

Telekomunikacije so nekaj zadnjih let ena najmočnejših gospodarskih vej in ključni element uspešnega poslovanja (Kos, 2000, str. 1). Telefonska infrastruktura je bila najbolj donosno telekomunikacijsko področje, vendar pa bo vedno večje zahteve uporabnikov mogoče zadovoljiti le s konvergenco telefonskih, podatkovnih in radiodifuznih omrežij ter storitev.

Včasih je bil razvoj tehnologije najpomembnejši faktor pri razvoju telekomunikacij, danes pa so vse pomembnejši tudi drugi dejavniki. Predvsem gre za spreminjanje koncepta, iz tipično povezavno usmerjenega prehajajo telekomunikacije proti nepovezavno usmerjenemu konceptu. Glavni dejavniki hitrega razvoja telekomunikacij so hiter razvoj tehnologij, padanje cen omrežnih elementov, padanje cen storitev, spreminjanje platforme, na kateri delujejo telekomunikacije in liberalizacija. Splošni trend je, da se poudarek razvoja v telekomunikacijah seli iz infrastrukture na storitve in vsebine, v središču dogajanja pa je uporabnik, ki ga zanimajo predvsem vsebine in storitve (Kos & Bešter, 1999, str. 185).

V splošnem lahko rečemo, da se telekomunikacije izjemno razvijajo in da jih karakterizirajo naslednji trendi (Nacionalni program razvoja telekomunikacij, 2000, str. 1):

- zlivanje storitev,

- konvergenca,
- stalna mobilnost in dostopnost storitev uporabnikom,
- globalizacija omrežij in storitev.

2 RADIJSKE KOMUNIKACIJE

2.1 ELEKTROMAGNETNA SEVANJA

Elektromagnetno sevanje je sevanje, ki pri uporabi ali obratovanju vira sevanja v njegovi bližnji ali daljni okolici povzroča elektromagnetno polje pri čemer obstaja tveganje za škodljive učinke za človeka in živo naravo.

Elektromagnetna sevanja so prisotna praktično povsod v človekovem okolju in na različne načine vplivajo na živa bitja. Glede na to, kako vplivajo na biološke organizme, jih lahko razdelimo na dve področji, na področje neionizirnih sevanj in na področje ionizirnih sevanj (SIQ, 2006, str. 1). Spekter elektromagnetnega sevanja in značilni viri so razvidni iz Tabele 1.

Neionizirna sevanja so sevanja nižjih frekvenc, katerih fotoni imajo premajhno energijo, da bi pretrgali ali poškodovali vezi, ki povezujejo molekule in celice. Ne morejo torej ionizirati snovi in s tem spremeniti kemične strukture snovi, zato jih imenujemo neionizirna sevanja. Spekter neionizirnih sevanj v grobem obsega statična električna in magnetna polja, sevanja zelo nizkih, nizkih in visokih frekvenc, področje radijskih frekvenc, področje infrardeče, vidne in ultravijolične svetlobe. Določen del neionizirnih sevanj zaznavamo s čutili (npr. vidno svetlobo, toploto), kar pa ne drži za ionizirna sevanja.

Ionizirna sevanja pa za razliko od neionizirnih povzročajo poleg toplotnih učinkov tudi druge, bistvene spremembe v snovi, saj lahko fotoni z dovolj veliko energijo povzročajo ionizacijo snovi. Mednje sodijo rentgenski žarki, gama sevanje in kozmični žarki.

Tabela 1: Spekter elektromagnetnega sevanja po frekvencah z ustaljenimi oznakami in značilnimi viri

FREKVENCA	IME PODROČJA	ZNAČILNI VIRI IN UPORABA
0 – 30 Hz	Statična polja	
30 – 300 Hz	Ekstremno nizke frekvence (ELF)	Naprave 50Hz/60Hz (VN-transformator, RTP, nadzemni in podzemni vod za prenos el. energije)
300 Hz – 3 kHz	Vokalne frekvence (VF)	
3 – 30 kHz	Zelo nizke frekvence (VLF)	
30 – 300 kHz	Nizke frekvence (LF)	
300 kHz – 3 MHz	Srednje frekvence (MF)	Radijski oddajniki (radijski oddajniki AM srednjevalovni 526–1605 kHz), naprave za urejanje prometa
3 – 30 MHz	Visoke frekvence (HF)	Radijski in TV-oddajniki, industrijski stroji, radioastronomija
30 – 300 MHz	Zelo visoke frekvence (VHF)	Radijski oddajniki (UKV-oddajniki), televizijski oddajniki (I. in III. področje), radionavigacija, radarji, kontrola v zračnem prometu

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

FREKVENCA	IME PODROČJA	ZNAČILNI VIRI IN UPORABA
300 MHz – 3 GHz	Ultravisoke frekvence (UHF)	Televizijski oddajniki (IV. in V. področje), radarji, usmerjene zveze (mob. telefonija)
3 – 30 GHz	Supervisoke frekvence (SHF)	Radarji, navigacija, merjenje višine, satelitske zveze, usmerjene zveze
30 – 300 GHz	Ekstremno visoke frekvence (EHF)	Raziskave vesolja, radioastronomija, radiometeorologija

Vir: Agencija RS za okolje, Elektromagnetna sevanja, str. 1.

V zadnjem obdobju močno narašča število virov sevanja, zato je večina držav v devetdesetih letih prejšnjega stoletja sprejela ustrezno zakonodajo, ki določa priporočene mejne vrednosti pri posameznih frekvencah, vse do 300 GHz. V Sloveniji od leta 1996 velja Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur. l. RS, št. 79/1996), ki med drugim vsebuje tudi priporočene mejne vrednosti ustreznih elektromagnetnih veličin v frekvenčnem območju od 0 Hz do 300 GHz.

2.1.1 Viri elektromagnetnega sevanja

Živčevje, možgani in mišice pri svojem delovanju uporabljajo električne signale, saj je znano, da majhni električni tokovi ves čas obstajajo tudi v človeškem telesu. Vsakdo je izpostavljen majhnim elektromagnetnim poljem skoraj vseh frekvenc, tako doma kot na delovnem mestu. Nizkofrekvenčna električna polja povzročijo prerazporeditev nabojev po telesu, zato steče električni tok skozi telo v zemljo, medtem ko nizkofrekvenčna magnetna polja inducirajo kroženje električnih tokov v telesu. Velikost tokov je odvisna od velikosti in frekvence zunanega magnetnega polja. V skrajnem primeru, če je polje dovolj veliko, lahko tokovi povzročajo draženje živcev in mišic, pa tudi druge biološke učinke. Nevarnejša so visokofrekvenčna elektromagnetna polja, povzročajo glavne biološke učinke v obliki segrevanja tkiva.

Viri nizkofrekvenčnih in visokofrekvenčnih polj so zelo raznoliki, z njimi pa se srečujemo ves čas, pri vsakodnevnih opravilih. To so kuhinjski in hišni pripomočki, elektronske naprave, kot so računalniški zasloni in alarmne naprave, radio, televizija, prenosni telefoni in bazne postaje ter mikrovalovne pečice. Drugi viri elektromagnetnih sevanj so naprave za prenos in pretvarjanje električne energije, kot so daljnovodi, energetski kabli, energetski transformatorji, razdelilne postaje ipd. Močan vir elektromagnetnih polj in valovanj so raznovrstne industrijske naprave, ki uporabljajo visokofrekvenčne generatorje za obdelavo različnih materialov.

Vir sevanja so tudi vse telekomunikacijske, radionavigacijske in radiolokacijske oddajne naprave, to so radijski, televizijski in drugi oddajniki, bazne postaje mobilne telefonije, radarji in prenosni telefoni. Viri elektromagnetnih polj in valovanj so tudi razne medicinske naprave, ki se uporabljajo za diagnostiko (jedrska magnetna resonanca) in radioterapijo.

2.1.2 Razširjanje elektromagnetnega valovanja

V splošnem si lahko razširjanje elektromagnetnega valovanja poenostavimo in rečemo, da se valovanje deli na prizemni ali površinski val, ki se razprostira ob zemeljskem površju in prostorski val, ki potuje v prostor. Na razširjanje prizemnega vala močno vplivata sestava tal

in ukrivljenost zemeljske površine. Sestava tal duši prizemni val, saj energija vstopa v zemljo, se tam pretvarja v toploto in na ta način slabi polje.

Prostorski val se pri razširjanju lomi in odbija od ionskih plasti v atmosferi, zato ima veliko večji domet od prizemnega. Prostorski valovi, ki prihajajo od oddajne antene, udarijo ob ionske plasti in se glede na lego teh plasti in koncentracijo ionov bodisi prebijejo skozi bodisi pa se lomijo in odbijajo. Lom in odboj sta tem izrazitejša, čim večja je koncentracija ionov in čim večji je vpadni kot (Freeman, 1995, str. 88).

Prostorski val prodre tem globlje v ionosfero, čim višja je njegova frekvenca, torej čim krajša je valovna dolžina. Pri dovolj visoki frekvenci se prostorski val prebije skozi ionosfero, ne glede na to, kakšna je njena razporeditev in koncentracija. Ta efekt nastopi pri valovnih dolžinah pod 10 m (Rhoton, 2002, str. 15-17).

Posamezni prostorski valovi lahko sovpadajo na kraju sprejema - zaradi njihovih različnih poti se pojavljajo tudi z različnimi fazami. Posledica tega je, da jakost sprejema ni vselej enaka. Poveča se, če imajo valovi, ki se na mestu sprejema združujejo, isto fazo, slabi pa, če se faze razlikujejo. V primeru da je fazna razlika dveh takih valov 180° , se medsebojno uničujeta in sprejema takrat ni. Takšno utripanje sprejemne jakosti imenujemo presihanje (angl. *fading*).

2.1.3 Radijske zveze

Brezžična prenosna pot je za razliko od žične, polna zunanjih vplivov in odvisna od okolice. Pri širjenju signalov po zraku se prenosna pot stalno spreminja, signali pa se lahko sočasno širijo po različnih prenosnih poteh. Prihaja do slabljenja, odbojev, lomov in sipanja. Osnovna teorija brezžičnih prenosnih poti temelji na teoriji elektromagnetnega valovanja, ki ima za osnovo Maxwellove enačbe in statistični teoriji kot posledica velikega števila nedoločenih dejavnikov (Miller & Beasley, 2002, str. 573-575).

2.1.4 Zgodovina radijskih zvez

Kot že omenjeno, predstavljajo Clerk James Maxwell in njegove enačbe pomemben mejnik pri raziskovanju širjenja elektromagnetnega valovanja. Leta 1873 je združil teorije s področja elektrostatike, magnetostatike, elektrodinamike in magnetodinamike v enotno elektromagnetno teorijo. Pri tem je upošteval izsledke Poissona, Gaussa, Ampera in Farradaya in v štirih med seboj povezanih enačbah postavil temelje elektromagnetne teorije. To so Maxwellove diferencialne enačbe, na podlagi katerih je mogoče predpostaviti obstoj elektromagnetnega valovanja, ki je temelj radijskih zvez (Nicolitidis et al., 2003, str. 27).

Naslednji prelomni dogodek je bil leta 1887, ko je Heinrich Rudolf Hertz z eksperimentom dokazal obstoj elektromagnetnih valov in s tem potrdil Maxwellovo teorijo elektromagnetnega valovanja. Nikola Tesla je leta 1893 prvi demonstriral brezžični prenos signalov, štiri leta kasneje pa prvi prijavil patent sistema za radijski prenos signalov (Wheat et al., 2001, str. 7).

2.1.5 Radiofrekvenčni spekter

Vsa frekvenčna področja, v katerih je možna radijska komunikacija, imenujemo radiofrekvenčni spekter (Clark, 2000, str. 24). V telekomunikacijah predstavlja aktualno

frekvenčno področje od približno 100 Hz do 300 GHz. Nižji radiofrekvenčni pasovi (do 100 MHz) vključujejo nizke frekvence (angl. *LF – Low Frequency*), srednje (angl. *MF – Medium Frequency*), visoke (angl. *HF – High Frequency*) in zelo visoke frekvence (angl. *VHF – Very High Frequency*) in so bili prvi uporabljeni pri javnem radijskem oddajanju. Radijsko razširjanje je možno tudi pri višji frekvencah, ob dejstvu, da je z višjo frekvenco razdalja radijske zveze krajša in sistemi zapletenejši. Del spektra s frekvenco nad 1 GHz se uporablja pri mikrovalovnih zvezah, v področju milimetrskih valovnih dolžin. Zveza med frekvenco in valovno dolžino je podana s formulo (1), kjer je c svetlobna hitrost in znaša 3×10^8 m/s, f je frekvenca in λ valovna dolžina.

$$c = f \times \lambda, \quad (1)$$

2.2 RADIJSKA ZVEZA TOČKA – TOČKA

2.2.1 Gradniki radijske zveze točka – točka

Osnovne komponente radijske zveze točka – točka so (Clark, 2000, str 81): notranja enota, zunanja enota in antena.

Notranja enota je sestavljena iz radijskega modema, ki ima funkcijo pretvorbe digitalnega signala uporabnika v obliko, primerno za modulacijo v radijski nosilni signal. V oddajni smeri se uporabnikov signal modulira in pošlje zunanji enoti, ki oddaja visokofrekvenčni radijski signal. V sprejemni smeri pa se signali, ki prihajajo od zunanje enote demodulirajo in posredujejo uporabniku. Poleg tega notranja enota zagotavlja napajanje tako za notranjo, kot tudi za zunanjo enoto. Tipično je notranja enota v dostopnejšem okolju kot zunanja enota, zato vsebuje softver za konfiguracijo in omrežni nadzor radijske zveze. Na njej je tudi kontrolna plošča ali pa priključek za priklop nadzornega sistema ali prenosnega računalnika.

Najpogosteje uporabljena povezava med notranjo in zunanjo enoto je koaksialni kabel, ki prenaša modulirane signale med enotama, hkrati pa zagotavlja napajanje zunanji enoti.

Zunanja ali radijska enota pretvori moduliran signal iz nizkofrekvenčnega v visokofrekvenčni radijski signal ustreznega frekvenčnega pasu in kanala za radijsko oddajanje. Ta signal se lahko preko neposredne povezave ali pa valovoda posreduje anteni, ki na koncu oddaja signal v smeri antene na drugi strani radijske zveze.

V nadaljevanju natančneje opisujem osnovne gradnike radijske zveze točka - točka.

2.2.1.1 Antena

Osnovni namen antene je oddaja visokofrekvenčnega radijskega signala v zrak in sprejem signala z nasprotne strani. Antene imajo pri takih zvezah relativno visok dobitek in so ozko usmerjene, z manjšim kotom sevanja. Antene s širokim kotom sevanja se uporabljajo pri radijskih sistemih točka – več – točk. Obstaja več vrst oblik anten, ki pa niso tako pomembne za samo delovanje, kot so pomembne njihove tehnične lastnosti:

- frekvenčno področje, za katero je antena namenjena,
- dobitek, razmerje naprej/nazaj,
- polarizacija,
- tip prirobnice za pritrditev zunanje enote in način pritrditve,

- teža antene,
- zaščita proti vremenskim vplivom.

Frekvenčno področje delovanja antene

Antena je zasnovana za delovanje v določenem frekvenčnem področju in neprimerna za uporabo izven njega.

Dobitek antene, razmerje naprej/nazaj

Dobitek antene je izražen v enotah dBi (decibeli relativno izotropni anteni; izotropna antena je teoretični točkasti vir radijskih valov, ki se razširjajo v vse smeri enako in služi kot referenca za primerjavo). Večji kot je dobitok, večja je lahko razdalja radijske zveze ali večja razpoložljivost zveze. Razpoložljivost radijske zveze pomeni odstotek časa, ko je radijska zveza normalno delujoča, brez zunanjih motenj in atmosferskih vplivov. V splošnem pomeni večji dobitok antene prednost, saj omogoča večjo razpoložljivost, po drugi strani pa je sevalni kot zelo majhen (tipično manj kot 1°), kar pomeni težje usmerjanje zveze.

Antene z idealnimi karakteristikami sevanja, ki bi oddajala samo v želeno smer, v praksi ne poznamo, saj vsaka antena oddaja delno tudi v neželenih smereh. Ena takih neželenih sevanj je v smeri direktno iz zadnje strani antene. Zaradi tega je potreben podatek v specifikaciji antene tudi razmerje naprej/nazaj.

Polarizacija antene

Radijske valove je mogoče polarizirati z oddajanjem samo ene elektromagnetne vektorske komponente – horizontalne ali vertikalne. Antena je ponavadi zasnovana tako, da ima boljše karakteristike pri eni od dveh komponent elektromagnetnega vala, zato je lahko vertikalno ali horizontalno polarizirana. Obstajajo tudi antene z dvojno polarizacijo, ki lahko enako oddajajo pri obeh polarizacijah signala.

Tip prirobnice za pritrnitev zunanje enote in način pritrditve

Pri specifikaciji anten je pomemben podatek o tipu konektorja za pritrnitev na zunanjo radijsko enoto ali na valovod. Proizvajalci anten in radijske opreme medsebojno sodelujejo, tako da imajo antene prirejen vmesnik za pritrnitev posameznih zunanjih enot. Poleg antene sodi še adapter za pritrnitev na nosilec oz. drog, ki mora biti primeren za čim enostavnejšo montažo in umerjanje radijske zveze.

Teža antene

Odvisno od teže antene mora biti dimenzionirana nosilna konstrukcija, ki mora biti toga in ustrezati preračunom, predvsem za obremenitve sile vetra glede na določene vremenske razmere. Antena se pri največji obremenitvi ne sme trajno premakniti, niti nihati več, kot je dovoljeno, da se radijska zveza ne prekine. Težja antena pomeni večje stroške nosilnih konstrukcij in montaž.

Zaščita proti vremenskim vplivom

Antena mora biti zasnovana tako, da vremenske razmere ne vplivajo na njeno funkcionalnost. Predvsem je pomembno, da antena nima površin, kjer bi se zadrževala voda ali kjer bi neposredna sončna svetloba povzročala probleme. Prav tako se v smeri oddajanja ne sme nabirati led, zato se uporablja poseben material - radom ali pa se anteno ogreva.

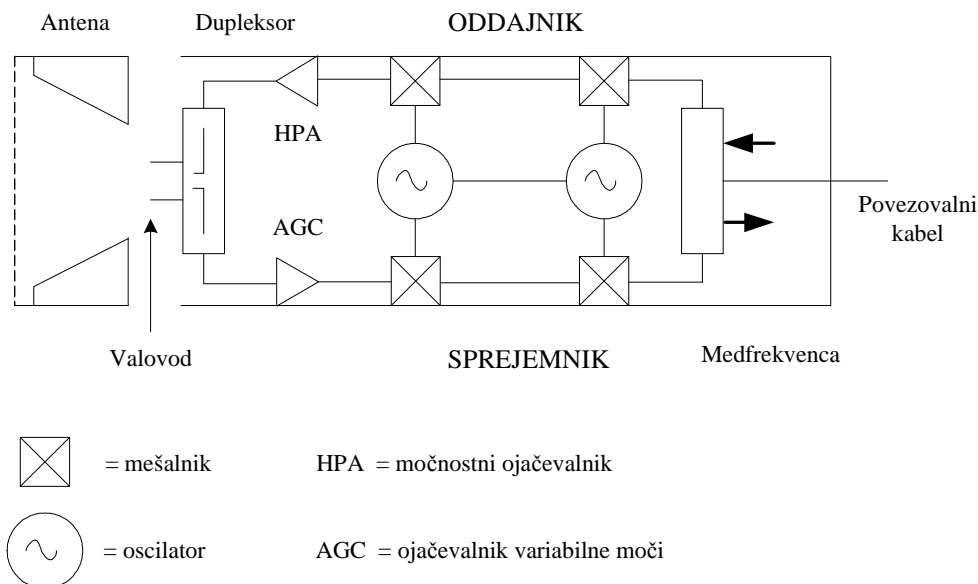
2.2.1.2 Zunanja enota

Zunanja enota je sestavljena iz radiofrekvenčnega oddajnika in sprejemnika. Poenostavljeno rečeno je njena osnovna funkcija, da v oddajni smeri pretvori digitalni signal, ki ga pošilja notranja enota, v radijski signal in v sprejemni smeri obratno. Slika 1 prikazuje poenostavljen funkcijski blok diagram tipične zunanje radijske enote.

Antena sprejme radijski signal in ga preko valovoda ali pa neposredno posreduje zunanji radijski enoti. Dupleksor loči ta sprejemni signal od signala, ki ga enota pošilja na drugo stran radijske zveze. Včasih je dodan tudi ojačevalnik, ki ojači signal brez dodatnih motenj in s tem poveča kakovost sprejema.

Ojačevalnik variabilne moči (angl. *AGC - Automatic Gain Control*) zagotavlja, da je sprejemni signal na vhodu radijskega sprejemnika konstanten in neodvisen od moči signala, ki ga sprejema antena.

Slika 1: Funkcijski blok diagram tipične zunanje radijske enote



Vir: M. P. Clark, *Wireless Access Networks*, 2000, str. 91.

Sprejeti radiofrekvenčni signal se potem demodulira na medfrekvenčni signal in preko koaksialnega povezovalnega kabla pošlje notranji enoti. V primeru Slike 1 je to doseženo v dveh korakih demodulacije. V prvem koraku se uglesi sprejemni signal na primeren radiofrekvenčni kanal v določenem radijskem spektru, v drugem koraku pa se ta signal demodulira na medfrekvenčni signal. Na ta način je možno preko softverske nastavitve

spreminjati določene frekvenčne kanale znotraj določenega frekvenčnega področja. Povezovalni koaksialni kabel je običajno eden, kar pomeni, da se sprejemni in oddajni signal prenašata po različnih medfrekvencah. Medfrekvenca, kot pove že ime samo, je frekvenca, ki predstavlja vmesno stopnjo med frekvenco signala uporabnika in visokofrekvenčnim radijskim signalom. Multiplekser ima funkcijo, da združuje (v smeri proti notranji enoti) in ločuje (v smeri proti zunanji enoti) oba medfrekvenčna signala. Poleg tega pa tudi dodaja signal za komunikacijo med notranjo in zunanjo enoto, kar omogoča nadzor in spremljanje zunanje enote preko notranje ali pa preko oddaljenega nadzornega sistema.

Poleg omenjenih gradnikov zunanje radijske enote je včasih dodan še stabilizator (angl. *equalizer*), posebno v primerih kjer sprejemni radijski signal prenaša relativno veliko količino informacij z večjo modulacijo.

Oddajni del zunanje enote deluje podobno kot oddajnik v obratni smeri. Multiplekser sprejme prejeti signal z notranje enote. Močnostni del signala se uporabi za napajanje komponent zunanje enote, ostali del pa se preko dveh stopenj modulira v želeni radiofrekvenčni kanal znotraj določenega frekvenčnega področja. Potem se signal z močnostnim ojačevalnikom ojači in preko antene oddaja.

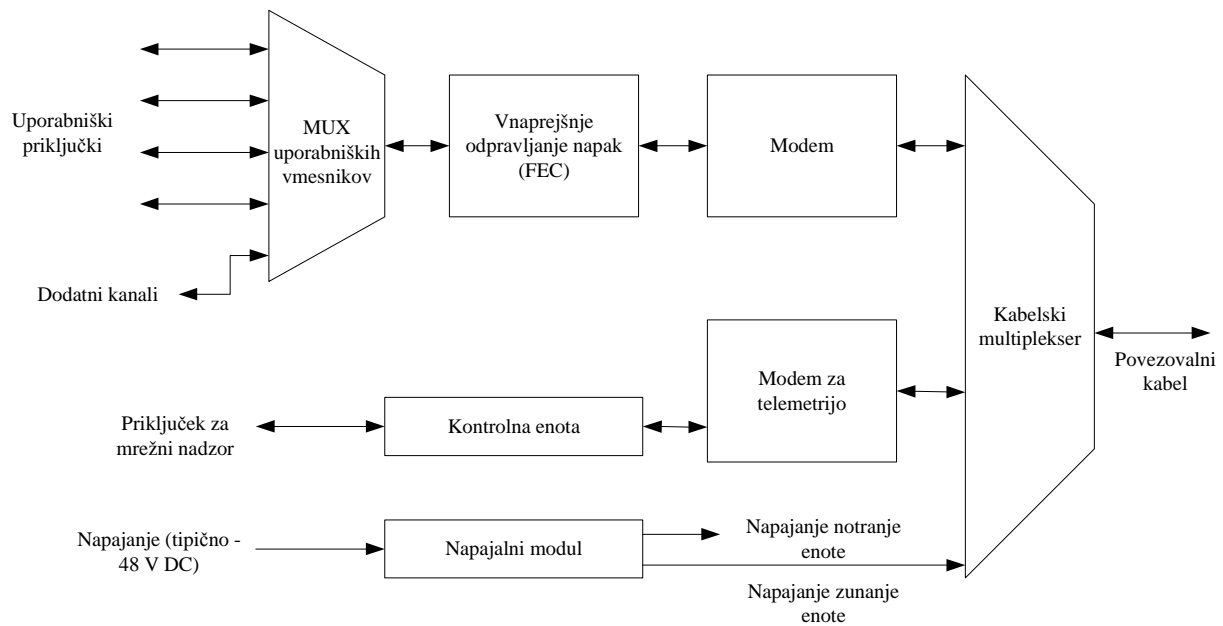
Zunanja radijska enota ima dva ali tri konektorje na ohišju. Dva sta namenjena za povezovanje antene, če je antena povezana preko valovoda in povezavo z notranjo enoto, tretji pa je namenjen priključitvi merilne opreme. S priklopom merilnega inštrumenta lahko odčitavamo nivo sprejemnega signala, kar je pomembno pri umerjanju in vzpostavitvi radijske povezave.

2.2.1.3 Notranja enota

Notranja enota je sestavljena iz radijskega modema, uporabniških vmesnikov za priključevanje uporabnikove komunikacijske opreme, vmesnika za nadzor in napajalnega modula. V grobem je glavna funkcija notranje enote pretvorba digitalnega vhodnega signala, prejetega s strani uporabnikove komunikacijske opreme, v modulirano obliko, primerno za radijski prenos. Slika 2 prikazuje poenostavljen funkcijski blok diagram tipične notranje enote. Enota ima sledeče glavne funkcije:

- multipleksiranje uporabnikovih podatkov, pretvorba in/ali priprava za radijsko oddajanje,
- funkcija vnaprejšnje odpravljanje napak (angl. *FEC - Forward Error Correction*),
- modulacija in demodulacija,
- terminalna nadzorna enota,
- signalizacija,
- napajalni modul,
- kabelski multiplekser.

Slika 2: Funkcijski blok diagram tipične notranje enote



Vir: M. P. Clark, *Wireless Access Networks*, 2000, str. 106.

Multipleksiranje uporabnikovih podatkov in priprava za radijsko oddajanje

Notranja enota sprejema podatke od uporabnikove opreme v različnih oblikah, število in tip vmesnikov pa je pri različni radijski opremitvi različen. Uporabniški vhodno/izhodni vmesniki so povezani z multipleksiranjem in stikalnim modulom. Ta naprava ima tri osnovne funkcije:

- multipleksiranje več posameznih podatkovnih tokov v enega samega,
- koncentracija več posameznih podatkovnih tokov v en formatiran digitalni bitni tok,
- signalizacija nadzornih informacij omogoča komunikacijo med dvema radijskima terminaloma.

Poleg uporabniških vmesnikov ima notranja enota še vmesnike za dodatni kanal, službeno zvezo in zunanje alarme. Dodatni kanal ima običajno prenosno hitrost 2 Mbit/s, je neodvisen od glavnega kanala in se lahko uporablja za različne namene. Službena zveza je še ena oblika dodatnega kanala, ki služi kot telefonska zveza med obema enotama na radijski zvezi in se uporablja predvsem pri vzpostavljanju povezave ali pri vzdrževalnih delih. Vmesnik za zunanje alarme omogoča priključitev in oddaljen nadzor drugih naprav, do katerih ni drugega oddaljenega nadzora, temveč le preko radijske zveze.

Vnaprejšnje odpravljanje napak (angl. *FEC - Forward Error Correction*)

Radijski sistemi so občutljivi na presihanje, zato je običajno vgrajen mehanizem za vnaprejšnje odpravljanje napak, ki zaznava in odpravlja napake na sprejemni strani. Zaznavanje in odprava napak se izvajata brez ponovnega pošiljanja digitalne informacije, s čimer se izognemo nesprejemljivim zakasnitvam signala.

Modulacija in demodulacija (radijski modem)

Enota radijski modem na Sliki 2 izvaja modulacijo podatkovnega signala na medfrekvenčni signal, ki ga pošilja zunanji enoti in demodulacijo medfrekvenčnega signala, ki ga pošilja vhodno/izhodnim vmesnikom.

Terminalna nadzorna enota

Ta enota vsebuje elektronski del, ki nadzoruje radijski terminal kot celoto in se odziva na ukaze, ki jih prejme z nadzornega sistema ali drugega vmesnika za nadzor. Dandanes so radijski sistemi zasnovani tako, da so v skladu s standardnimi vmesniki, ki omogočajo priključitev na krovni nadzorni sistem in se jih nadzoruje na daljavo, o pomoči preprostega protokola za upravljanje omrežja (angl. *SNMP - Simple Network Management Protocol*).

Signalizacija med notranjo in zunanjo enoto

Za komunikacijo in signalizacijo med notranjo in zunanjo enoto služi modem za telemetrijo, ki zagotavlja komunikacijski kanal za prenos nadzorne informacije, za namene monitoringa in konfiguracije ter nadzor zunanje enote preko nadzornega terminala priključenega na notranjo enoto.

Napajalni modul

Večina radijske opreme je zasnovana za napajanje z enosmerno napetostjo v vrednosti -48 V, z dopuščanjem odstopanj v določenem tolerančnem pasu.

Tipična poraba radijskega terminala je okrog 50 W, večina tega pa je uporabljena za napajanje elektronike v napravi.

Kabelski multiplekser

Kabelski multiplekser služi izključno kot vmesnik med moduliranim signalom uporabnika, modemom za telemetrijo in modulom za zagotavljanje napajanja zunanje enote ter povezovalnim kablom med notranjo in zunanjo enoto.

2.2.2 Radijsko razširjanje (propagacija), zanesljivost in razpoložljivost

Namesto zanesljivosti radijskega sistema, govorimo pri radijskih sistemih o dometu in razpoložljivosti radijske zveze. Oba sta odvisna od izhodne moči oddajnika, občutljivosti sprejemnika in klimatskih razmer v določenem področju.

Zanesljivo razširjanje radijskih valov v radijski zvezi je doseženo, ko signal primerne moči za kakovostno demodulacijo prispe v sprejemnik. To pa je takrat, ko oddajnik generira signal dovolj velike moči, ko je občutljivost sprejemnika primerna in ko je atmosfersko slabljenje signala omejeno. Atmosfersko slabljenje običajno povzročajo motnje drugih signalov, absorpcija signala (plini v atmosferi in dež), odboji in drugi vplivi.

Med vsemi faktorji, ki vplivajo na domet radijske zveze je enostavno definirati izhodno moč oddajnika in občutljivosti sprejemnika:

- oddajna moč mikrovalovnih radijskih sistemov je izražena v Wattih (W), miliWattih (mW) ali dBm (decibelih relativno na 1 mW) (Muller, 2003, str. 80).
- Občutljivost sprejemnika je izražena kot najmanjši nivo signala, ki ga sprejemnik sprejema, za določeno kakovost signala.

Težje je definirati in predvideti slabljenje na radijski trasi, ki nastane v atmosferi med obema koncema radijske zveze. To slabljenje ni vedno enako, odvisno je od trenutnih vremenskih razmer in razmer v atmosferi, skratka od lokalne vremenske klime.

Hudo deževje, atmosferske motnje in absorpcija radijskega signala zmanjšujejo sprejemni nivo signala. Pomembno vprašanje pri tem je, koliko odstotkov časa sprejemni nivo ne dosega minimalne zahtevane vrednosti, potrebne za doseganje zahtevanega deleža napačnih bitov (angl. *BER - Bit Error Rate*). Odstotek časa, ko je dosežena predvidena kakovost zveze, imenujemo razpoložljivost radijske zveze.

Mednarodna telekomunikacijska unija, sektor za radijske komunikacije (angl. *ITU-R - International Telecommunications Union – Radiocommunications Sector*), ki je odgovoren za upravljanje z radijskim spektrom, je izdal več priporočil in poročil za predvidevanje možnih klimatskih vplivov na delovanje radijskega sistema. Ta priporočila in poročila klasificirajo različna področja v svetu v določene klimatske cone. Vsaka od teh con ima karakterističen klimatski profil, pridobljen na osnovi dolgoletnih vremenskih meritev in so označene od A do S. Klimatske cone so določene statistično, glede na povprečno vrednost vremenskih vzorcev, na podlagi katerih se računa predvidene izgube v zraku.

V skladu z ITU-R priporočili je domet radijskega sistema največja razdalja med radijskima terminaloma, ob doseganju najmanjšega deleža napačnih bitov (BER) pri zahtevani razpoložljivosti. Domet se izraža v kilometrih, poleg tega pa je potrebno podati še naslednje parametre (Clark, 2000, str. 117):

- predviden delež napačnih bitov,
- razpoložljivost (npr. 99,995 %),
- čas, ko radijska zveza ne deluje,
- klimatska cona,
- pasovna širina, ki se prenaša (bitna hitrost).

2.2.2.1 Koncept izgub na prenosni poti

ITU-R priporočilo P.341 določa terminologijo in simbole za opis izgub signala na radijski trasi. Zaradi poenostavitve različnih izračunov se izgube signala zaradi različnih učinkov slabljenja, izraža v decibelih (dB). Slika 3 prikazuje osnovni model koncepta prenosnih izgub.

Skupna izguba radijske zveze

Skupna izguba na radijski trasi je izguba med izhodom iz oddajnika in vhodom v sprejemnik. Ta izguba vključuje izgube v valovodih, filtrih, konektorjih in drugih komponentah med oddajnikom in oddajno anteno ter med sprejemnikom in sprejemno anteno.

Sistemska izguba

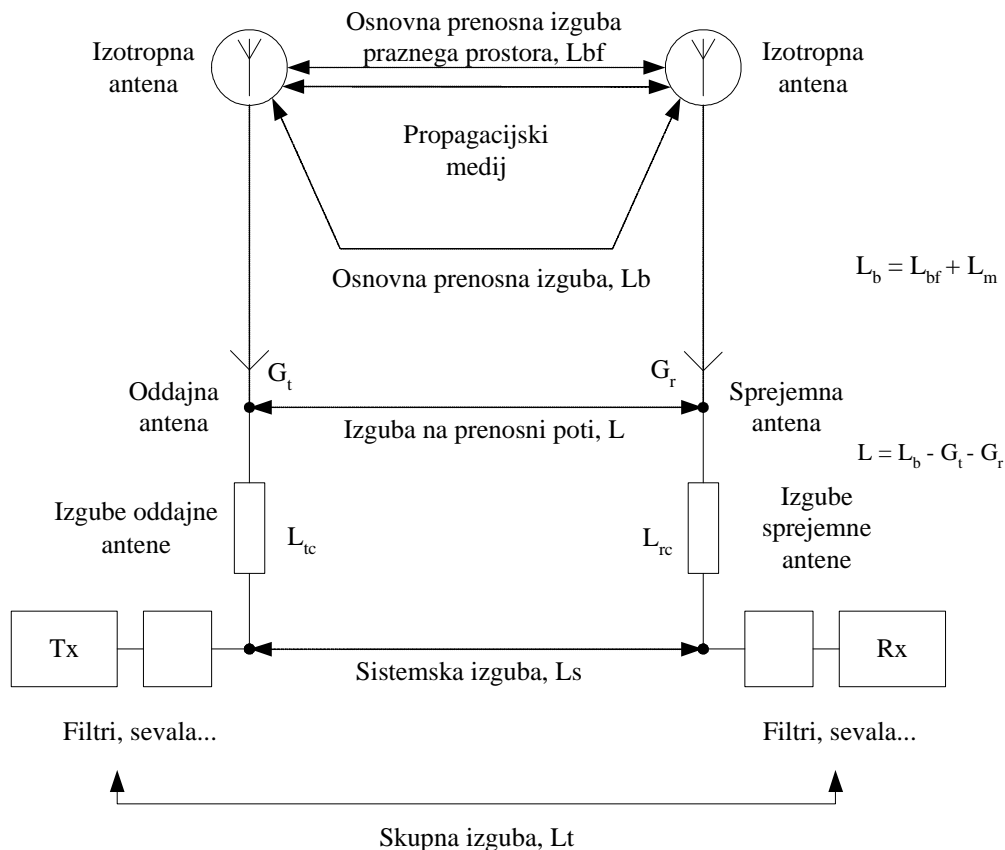
Sistemska izguba je izguba med vhomom v oddajno anteno in izhodom iz sprejemne antene. To vključuje vse izgube v zvezi z antenami in izgube na radijski trasi. V primerih, ko sta oddajnik in sprejemnik priključena direktno na anteno, je sistemska izguba enaka skupni izgubi. Sistemska izguba (L_s) je izguba signala (izražena kot razmerje v decibelih) med izhodom oddajnika in vhomom sprejemnika in je definirana kot prikazuje enačba (2), kjer je P_t oddajna moč oddajnika in P_a vhodna moč v sprejemniku.

$$L_s = 10 \log_{10}(P_t/P_a) = P_t - P_a \quad (2)$$

Izgube anten

To so izgube moči signala znotraj samih anten in so ponavadi zelo majhne, tako da jih pri izračunih lahko zanemarimo. Po ITU-R priporočilih so označene z L_{tc} za oddajno anteno in L_{rc} za sprejemno anteno.

Slika 3: Osnovni model koncepta prenosnih izgub



Vir: M. P. Clark, *Wireless Access Networks*, 2000, str. 120.

Izguba na prenosni poti

Kot prikazuje enačba (3), je izguba na prenosni poti definirana kot izguba med vhomom v oddajno anteno in izhodom iz sprejemne antene, ob upoštevanju, da v samih antenah ni izgub. Pri tem je L_s sistemska izguba, L_{tc} izguba oddajne antene in L_{rc} izguba sprejemne antene.

$$L = L_s - L_{tc} - L_{rc} \quad (3)$$

Dobitek antene

Dobitka anten, G_t za oddajno anteno in G_r za sprejemno anteno, pomenita največji dobitek antene v njenem glavnem snopu sevalnega diagrama.

Osnovna prenosna izguba

Osnovna prenosna izguba je tista izguba, ki bi se pojavila med izhodom oddajnika in vhomom v sprejemnik, če bi bili obe anteni izotropni. V enačbi (4) je razviden izračun osnovne prenosne izgube (L_b), ki je seštevek izgub na prenosni poti (L), dobitka oddajne antene (G_t) in dobitka sprejemne antene (G_r), izražen v dBi.

$$L_b = L + G_t + G_r \quad (4)$$

Osnovna prenosna izguba je sestavljena iz dveh komponent, iz izgube praznega prostora (L_{bf}) in izgube zaradi prenosnega medija. Izgubi prenosnega medija rečemo tudi izguba glede na prazni prostor (L_m) in je definirana, kot prikazuje enačba (5).

$$L_b = L_{bf} + L_m \quad (5)$$

Izguba praznega prostora

Izguba praznega prostora je padec nivoja signala, ki bi nastal med oddajnikom in sprejemnikom, v primeru izotropne antene v praznem prostoru. Prazen prostor je idealen medij, ki ne absorbira radijskega signala. Definirana je, kot prikazuje enačba (6), kjer je λ valovna dolžina radijskega signala in d razdalja med antenama.

$$L_{bf} = 20 \log_{10}(4\pi d/\lambda) \quad (6)$$

2.2.2.2 Izguba praznega prostora – pričakovan nivo sprejemnega signala

ITU-R priporočilo PN.525 definira enostavno formulo za izračun prenosnih izgub v praznem prostoru (Clark, 2000, str. 125), kar je razvidno iz enačbe (7).

$$L_{bf} (v \text{ dB}) = 20 \log (4\pi d/\lambda) \quad (7)$$

Enačba (7) pa se lahko zapiše tudi drugače, in sicer kot je prikazano v enačbi (8), kjer je f frekvenca v GHz in d dolžina radijske zveze v km.

$$L_{bf} (v \text{ dB}) = 92,44 + 20 \log f + 20 \log df \quad (8)$$

Izguba v praznem prostoru je predvidena degradacija signala v dobrih vremenskih pogojih, izračunan pričakovan sprejemni nivo pa je pomemben tudi pri montaži in umerjanju radijske zveze.

Pričakovan sprejemni nivo (angl. *RSL – Receive Signal Level*) v dobrem vremenu je izražen s formulo, kot je razvidno v enačbi (9), kjer je P_t oddajna moč (v dBm), G_t dobitok oddajne antene (v dBi), G_r dobitok sprejemne antene (v dBi), f frekvenca v GHz in d dolžina radijske zveze v km.

$$RSL (dBm) = P_t + G_t + G_r - 92,44 - 20 \log f - 20 \log d \quad (9)$$

To je poenostavljena formula za izračun sprejemnega nivoja v sprejemniku, medtem ko v realnih razmerah na razširjanje vplivajo še drugi pojavi:

- absorpcija zaradi padavin ali drugih vremenskih pojavov,
- absorpcija signala zaradi atmosferskih plinov ali zaradi dielektričnega stanja atmosfere,
- slabljenje zaradi neenakega terena (stavbe, vegetacija ...),
- slabljenje zaradi večpotnega razširjanja (angl. *multipath fading*), kjer različni odboji glavnega signala vplivajo drug na drugega,
- izgube zaradi loma valovanja in ovir na prenosni poti,
- učinek polarizacije signala – različno polarizirani signali (vertikalno ali horizontalno) se različno razširjajo po zraku,
- magnetni in električni vplivi Zemljinega površja,
- odboji valovanja in popačenja.

2.2.3 Načrtovanje radijskih zvez

Poleg izbire primerne radijskega sistema je za pravilno delovanje sistema pomembno izbrati dobro lokacijo za namestitev anten, dobro radijsko načrtovanje in pravilna izbira frekvenčnih kanalov v primernem frekvenčnem pasu.

2.2.3.1 Parametri kakovosti

ITU-R priporočilo 592 določa tudi natančne definicije parametrov za kakovost, ki določajo kakovost in domet radijskih sistemov. Ti parametri vključujejo:

- delež napačnih bitov (angl. *BER - Bit Error Rate*) – razmerje med deležem napačnih bitov in številom vseh prejetih bitov,
- preostali delež napačnih bitov (angl. *RBER - Residual Bit Error Ratio*) – delež napačnih bitov, ki izhaja iz zasnove in zanesljivosti opreme,
- sekunde z napačnimi biti (angl. *ES - Errored Seconds*) – časovno obdobje ene sekunde, ko je bila sprejeta ena ali več napak,
- sekunde z znatnim številom napačnih bitov (angl. *SES - Severely Errored Seconds*) - časovno obdobje ene sekunde, ko je bil delež napačnih bitov (BER) večji od določenega.

2.2.3.2 Vidljivost in izbira lokacij

Frekvenčna področja delovanja radijskih sistemov točka - točka so nad 1 GHz, kar pomeni, da signal ne prodira skozi ovire in se ne uklanja okrog objektov. Zato je potrebna optična vidljivost med oddajno in sprejemno anteno radijske zveze.

Primerne lokacije za radijske zveze so bodisi gorski vrhovi s primerno infrastrukturo bodisi visoke zgradbe. V primeru da ni možno najti lokacij z direktno optično vidljivostjo, je potrebno najti vmesno točko, ki je vidna z obeh končnih lokacij.

2.2.3.3 Fresnelova cona

Fresnelova cona je tridimenzionalen prostor eliptične oblike, ki obdaja glavni snop radijske zveze (Guo & Barton, 2002, str. 7). Za nemoteno delovanje radijske zveze mora biti Fresnelova cona prosta ovir, da ne prihaja do odbojev signala znotraj cone, kar bi povzročalo motnje v sprejemniku (Clark, 2000, str. 143).

$$H = 2\sqrt{dn\lambda} \quad (10)$$

Enačba (10) prikazuje izračun največjega premera Fresnelove cone (na polovici radijske zveze), ki je označen s črko H, pri čemer sta razdalja in valovna dolžina izraženi v metrih. Enačbo (10) pa lahko zapišemo še drugače, kar ponazarja enačba (11), kjer je d razdalja med oddajnikom in sprejemnikom (v km), n je celo število, ki označuje Fresnelove cone in f radijska frekvenca v GHz.

$$H = 17,3 \sqrt{\left\{ \frac{dn}{f} \right\}} \quad (11)$$

Na primer: radijska zveza na frekvenci 38 GHz in na razdalji 8 km ima premer Fresnelove cone 8 metrov, zveza na frekvenci 7 GHz in razdalji 70 km pa 55 metrov.

Fresnelovo cono je potrebno nujno preveriti ob samem ogledu terena oz. pri načrtovanju radijske zveze pred samo implementacijo. Radij Fresnelove cone na katerikoli točki v radijski zvezi je določen kot je prikazano v enačbi (12), kjer je d dolžina zveze v kilometrih, d_1 in d_2 pa razdalji (v kilometrih) med končnima točkama radijske zveze in zeleno točko v Fresnelovi coni, f pa frekvenca izražena v GHz.

$$F1 = 17,3 \sqrt{\left\{ \frac{d_1 d_2}{fd} \right\}} \quad (12)$$

2.2.3.4 Preverjanje optične vidljivosti

Pred samo implementacijo radijske zveze je priporočljivo obiskati lokacije, kjer je predvidena radijska oprema in preveriti optično vidljivost med obema stranema radijske zveze, poleg tega pa tudi preveriti Fresnelovo cono. V bližini ne sme biti velikih kovinskih objektov in močnih radijskih oddajnikov, da ne bi prihajalo do odbojev in motenj.

V nadaljevanju podajam spisek nalog, ki se jih običajno izvede ob ogledu lokacij.

- Koordinate lokacij – potrebno je določiti točne koordinate obeh lokacij radijske zveze, zemljepisno širino, dolžino, višino lokacije nad morjem in predvideno višino antene nad terenom. Točne koordinate so zelo pomembne za dobro radijsko načrtovanje, saj se običajno uporabljajo matematični softverski modeli, ki kot osnovo uporabljajo koordinate.
- Določitev na zemljevidu – določiti je potrebno smer nasprotne lokacije zveze in celo traso določiti na zemljevidu. Na ta način se vidi ali so kakšne ovire na radijski trasi in preveri dejansko vidljivost.

- Optična vidljivost – pri zvezah kratkega in srednjega dosega se za določanje optične vidljivosti lahko uporabi daljnogled, medtem ko je pri daljših zvezah potrebno uporabiti zemljevid in softverske modele z digitalnimi kartami.
- Višina stolpa – v primerih ko ni direktne optične vidljivosti zaradi ovir ali še nezgrajene infrastrukture, je potrebno določiti višino stolpa. Ena od variant je določanje višine s helijevim balonom.
- Preverjanje Fresnelove cone – ko se ugotovi optična vidljivost, je potrebno ugotoviti še čistost Fresnelove cone. Tudi v neposredni bližini anten ne sme biti večjih kovinskih površin in drugih močnih radijskih oddajnikov. Potrebno je predvideti razmere v prihodnosti, kot so možna rast dreves na radijski trasi, predvidene novogradnje in podobno.

2.2.4 Regulativa za radijsko področje

Radiofrekvenčni spekter je naravno javno dobro in je niz vseh radijskih frekvenc. Znotraj radiofrekvenčnega spektra so porazdeljeni radiofrekvenčni pasovi, ki so določeni z zakonodajo, da ne bi prihajalo do motenj in interferenc med različnimi sistemi in uporabniki. V ta namen je bila ustanovljena mednarodna organizacija ITU-R (International Telecommunications Union – Radiocommunications Sector), ki je odgovorna za upravljanje z radijskim spektrom.

ITU-R izdaja ITU-R priporočila in poročila, ki naj bi bila mednarodno upoštevana pri radijskih komunikacijah, za radijsko načrtovanje in postopke delovanja. Prav tako tudi določa različne dele radiofrekvenčnega spektra, imenovane pasovi, ki se lahko uporabljajo v določene namene. Določa specifikacije tehničnih radijskih standardov, registracijo uporabnikov in dodeljevanje pasovne širine (ITU-R, 2008, str. 1). Vse to izvaja ob pomoči dveh drugih ITU teles, IFRB (International Frequency Registration Board) in WARC (World Administrative Radio Council).

Pasove določa ITU-R na mednarodni ravni za sledeče uporabe (Clark, 2000, str. 24-25):

- zemeljske fiksne komunikacije,
- pomorske komunikacije,
- navigacijski radio,
- satelitske komunikacije,
- radio astronomija,
- javno oddajanje radia in televizije,
- mobilne komunikacije,
- radioamaterstvo.

3 ODLOČANJE IN PODPORA ODLOČANJU

Odločanje in reševanje problemov so vsakdanje delo managerjev, znanstvenikov, inženirjev in pravnikov (Simon et al., 1986, str. 1), uspešno odločanje pa vključuje prepletanje funkcij načrtovanja, organiziranja, vodenja in nadzorovanja za doseg ciljev organizacije (Hellriegel & Slocum, 1996, str. 239).

Odločitve so pretežni del rezultata dela managerjev, zato je upravičeno, da management opredelimo kot odločanje (Rozman, Kovač & Koletnik, 1993, str. 25).

Odločanje je prisotno pravzaprav vsak dan, v vsakdanjem življenju, tako da odločamo vsi, hkrati pa je po mnenju Fitzgeralda (2002, str. 2) prav odločanje primarna funkcija, ki razlikuje management od drugih ved.

3.1 ODLOČANJE

Odločitve sprejemamo praktično vsi, na delovnem mestu, doma, v šoli, skratka tam, kjer moramo sprožiti določeno aktivnost. Pri obravnavanju odločanja v podjetjih pridejo najbolj do izraza managerji in to na vseh ravneh managementa, od prve linije, do vrhovnega managementa. Managerji tako v veliki meri vplivajo na dobro poslovanje podjetja, zato morajo stalno razvijati sposobnost dobrega odločanja, kar govori o tem kako pomemben je sam proces odločanja (Dimovski, 2002, str. 52).

Za odločanje sicer obstaja mnogo različnih definicij, od katerih jih bom nekaj navedel v nadaljevanju.

Odločanje je proces, v katerem je potrebno izmed več variant izbrati tisto, ki najbolj ustreza postavljenim ciljem oziroma zahtevam. Poleg izbire najustreznejše variante je potrebno variante tudi smiselno razvrstiti, ponavadi od najboljše do najslabše (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 427).

Obnašanje neke osebe v določeni situaciji v določenem času se opredeli kot odločanje samo takrat, če bo ta oseba (Možina et al., 1994, str. 213):

- »zaznala vsaj dve alternativni možnosti delovanja in«
- »na podlagi določenih kriterijev izbrala eno od teh možnosti«.

Med drugimi definicijami odločanja so Možina in soavtorji (1994, str. 213) definirali odločanje kot umsko aktivnost, ki obsega opredelitev problema in izbiro ene izmed alternativnih smeri dejavnosti za njeno rešitev.

Odločanje se lahko opredeli kot umsko aktivnost pri reševanju problemov. Pri tem ne moremo mimo definicije problema. Problem se pojavi kot posebno stanje, ki ga lahko občutimo na različne načine in bi ga lahko opredelili kot razliko med želenim in dejanskim stanjem. Poenostavljeno lahko rečemo, da je odločanje reševanje problemov, ob tem pa morajo biti izpolnjeni sledeči potrebni in zadostni pogoji (Možina et al., 1994, str. 213):

- obstaja tisti, ki ima problem (posameznik ali skupina),
- odločevalec ima pred sabo določen cilj, ki je zanj privlačen,
- obstajata dve smeri aktivnosti, ki nista enako učinkoviti,
- odločevalec mora biti v dvomih glede najugodnejše izbire aktivnosti,
- obstaja primerno okolje oz. ozadje problema, ki je sestavljeno iz dejavnikov, ki jih odločevalec ne nadzira, vendar pa lahko vplivajo na doseganje cilja.

Pomembno je torej dejstvo, da ni vsaka situacija problem, temveč le tista z določenimi lastnostmi. Prav tako ni odločanje vsaka izbira in vsaka določitev aktivnosti. Odločanje je torej človekovo obnašanje, ki izpolnjuje naslednje pogoje (Možina et al., 1994, str. 214):

- obstaja razlika med trenutno situacijo in želenimi cilji,

- odločevalec se mora zavedati pomembnosti razlike,
- odločevalec mora biti motiviran, da odpravi razliko med trenutno situacijo in želenimi cilji,
- odločevalec mora imeti na razpolago sredstva, da lahko zmanjša omenjeno razliko.

Pri odločanju ponavadi ne poznamo vseh dejavnikov, ki vplivajo na odločitev, variante med katerimi se odločamo niso natančno definirane, vsi podatki niso dosegljivi, celo cilji različnih odločevalcev so lahko različni. Problem odločanja je tako pomemben, da se z njim ukvarja vrsta znanstvenih področij in disciplin (Krapež, Rajkovič & Wechtersbach, 2000, str. 534).

Odločanje je namenjeno odpravi ali preprečevanju problemskih stanj, kar pomeni najprej odkrivanje, za tem pa reševanje problemov, ki tako stanje povzročajo.

Pri odločanju razlikujemo tudi odločanje na ravni posameznika, kjer so vključeni predvsem psihološki vplivi, in odločanje na ravni družbenega sistema, kjer so prisotni predvsem sociološki vplivi. Pri odločanju posameznika se prepletajo tako psihološki, kot sociološki vplivi, kljub temu pa je odločanje vedno tudi individualno dejanje. Pri odločanju na individualni ravni lahko sklenemo, da je odločanje miselna aktivnost in pomeni človekovo predstavo simulacije prihodnosti. Pri odločanju v družbenih sistemih pa govorimo o procesu sprejemanja, predelovanja in posredovanja informacij med ljudmi, ki so del tega družbenega sistema (Možina et al., 1994, str. 215-216).

3.1.1 Vrste odločitev

Rezultat odločanja so odločitve, ki so lahko enostavne ali pa kompleksne. Kompleksnost odločitev je odvisna od več faktorjev, najpomembnejši med njimi pa so opisani v nadaljevanju (Monahan, 2000, str. 1).

- Informacije
Pri večini problemov lahko informacije, ki so na voljo s pridom uporabimo v procesu odločanja, pri nekaterih situacijah pa so informacije sicer na voljo, vendar pa jih ne moremo koristno uporabiti za dobro odločitev, bodisi zaradi tehnoloških bodisi subjektivnih omejitev.
- Negotovost
Večkrat so prisotni problemi odločanja, ko ni povsem jasno kakšne so dejanske potrebe. V takih primerih lahko uporabimo dva različna pristopa k dobri odločitvi in sicer simulacijo z računalnikom ter matematične in statistične metode.
- Pomanjkljivi viri
Kljub temu da imamo na voljo vse potrebne informacije in da so problemi dobro opredeljeni, je veliko odločitvenih problemov še vedno zelo kompleksnih. Ko so viri pomanjkljivi in je prisotno več alternativ, se pojavi kompleksen problem ocenjevanja različnih možnosti (Hoch, Kunreuther & Gunther, 2001, str. 19-20).
- Psihološki faktorji
Mnogokrat je odločanje težko ravno zaradi različnih psiholoških faktorjev, kot so strah, moč, napetost in so zelo pomembni v procesu odločanja. Kakovost odločitev je lahko odvisna od zaporedja, kako pridobivamo informacije, našega odnosa pri sprejemanju rizikov ali od razumnosti.

Glede na predmet odločitev, glede na nosilca in glede na merila odločanja ločimo tri osnovne zvrsti odločitev v podjetjih (Rozman, Kovač & Koletnik, 1993, str. 27-29):

- odločanje o proizvodu in procesu, kjer so predmet odločanja proizvod, proizvodni proces in potrebne proizvodne prvine,
- odločanje o celotnem poslovanju, kjer je predmet odločanja podjetje in njegovo poslovanje, merilo odločanja pa je uspešnost celotnega poslovanja,
- odločanje o poslovnih funkcijah ali o operativnem odločanju, kjer so glavni akterji managerji poslovnih funkcij.

Pri organizacijskih odločitvah pa je koristno ločevati med tremi vrstami odločitev in sicer **rutinske**, **adaptivne** in **inovativne** odločitve. Ta delitev je izvedena z upoštevanjem dveh spremenljivk (Možina et al., 1994, str. 217-218):

- »tipov problemov, s katerimi se zaposleni srečujejo, in«,
- »tipov rešitev teh problemov«.

Rutinsko odločanje ima kar nekaj prednosti, saj zelo poveča hitrost in enostavnost odločanja, poleg tega pa ga je mogoče decentralizirati. **Rutinske** odločitve so standardizirane izbire, o njih pa govorimo kadar so relativno dobro definirani in poznani tako problemi kot rešitve. Za razliko od rutinskih, so pri **adaptivnih** odločitvah problemi in rešitve srednje definirani in le delno poznani. Tudi te so dokaj pogoste, saj so to pogosto delno preoblikovane in spremenjene rutinske odločitve. Pri inovativnih odločitvah gre za razliko od prejšnjih dveh za uvajanje nekaj bistveno novega, za odkrivanje, diagnozo neobičajnega in nerazrešenega problema ter za razvijanje edinstvenih rešitev (Možina et al., 1994, str. 219-221).

Podobno ugotavlja Fitzgerald (2002, str. 10), ki pravi, da je pogosta delitev poslovnih odločitev na operativne in strateške, kjer so operativne bolj prisotne pri vsakodnevem poslovanju, strateške pa so vezane na politiko podjetja in so bolj dolgoročnega značaja.

Kadar govorimo o vrstah managerskih odločitev, ločimo osnovna tri merila razlikovanja (Dimovski, 2002, str. 52-55):

- predmet odločitev, kjer se odloča glede na proizvod ali poslovni proces,
- nosilec odločitev, kjer se odloča glede na raven posameznika ali skupine pri odločanju v podjetju,
- merilo odločanja, kjer se odloča glede na različna merila uspešnosti ali ocenjevanja v podjetju.

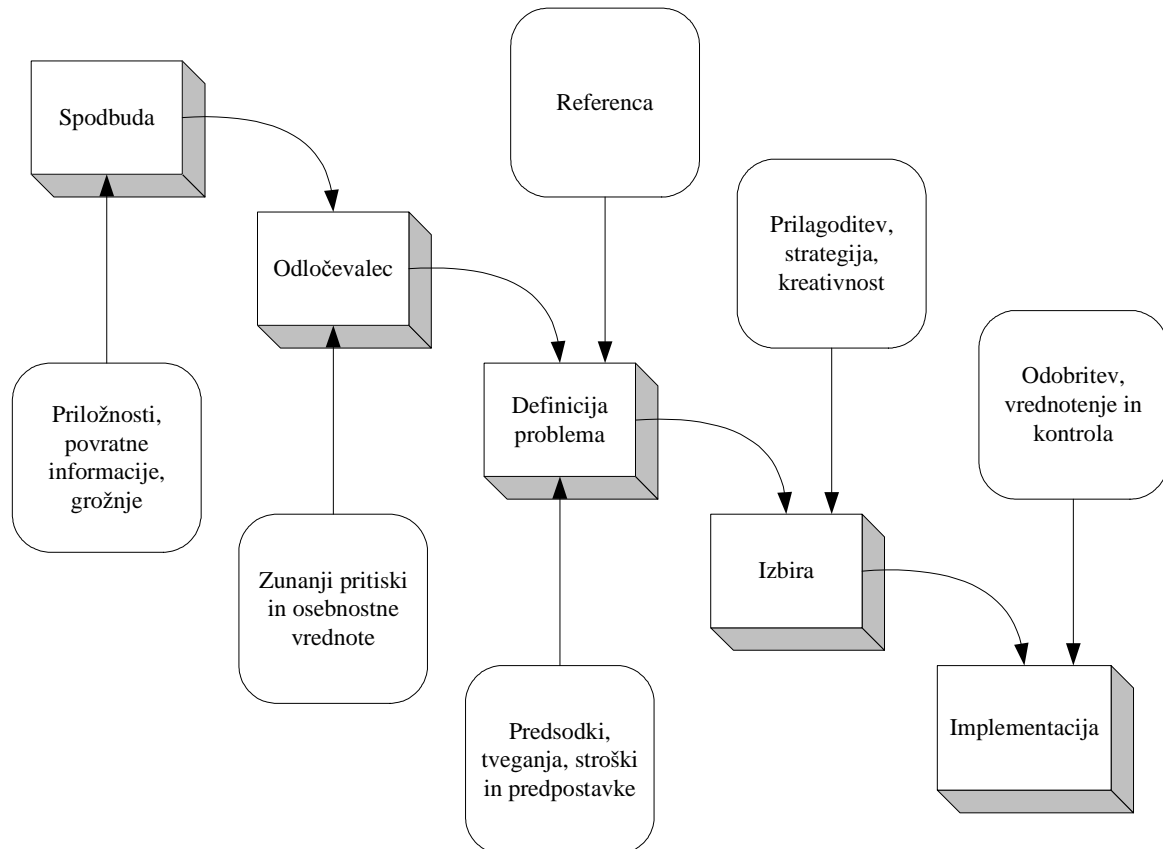
3.1.2 Odločevalec

Kdo sploh je odločevalec? Pri gradnji in uporabi sistema za podporo odločanju je jasno enostavno dejstvo, in sicer: vemo, da je potrebno sprejemati odločitve, vendar pa ne vemo kako. Pri tem so nam v veliko pomoč lahko sistemi za podporo odločanju, pri tem pa se vprašamo, zakaj sploh imamo sisteme za podporo odločanju. Odgovor se skriva v odločevalcu, kot zelo pomembnem členu v samem procesu odločanja. Več o vlogi odločevalca si bomo ogledali s primerom procesa odločanja v nadaljevanju.

Primer procesa odločanja

V literaturi obstaja ogromno teorij o tem, kako se odločitve sprejemajo, o korakih znotraj procesa odločanja, različnih pobud za sprejemanje odločitev itd ... Kot primer samega procesa odločanja vzemimo Sliko 4, kot jo predlaga Marakas (1999, str. 37).

Slika 4: Primer procesa odločanja



Vir: M. G. Marakas, *Decision Support Systems in the 21st Century*, 1999, str. 37.

Spodbuda (stimulus)

Prvi del procesa je prisotnost neke zunanje spodbude, ki obvešča odločevalca, da obstaja eden ali več problemov, ki zahteva sprejetje ene ali več odločitev. Problem se definira enostavno, kot razlika med trenutnim stanjem in želenim stanjem. Tu je pomembna vloga odločevalca, saj on odloča, ali problem res obstaja ali ne. Različni odločevalci različno sprejemajo stimulse, zato ni nujno, da vsi odločevalci znotraj organizacije enako razpoznajo problemska stanja.

Odločevalec

V primeru na Sliki 4 je odločevalec le del procesa odločanja, v bistvu pa ima pomembno vlogo v procesu, saj je od njega odvisna pravilna interpretacija problemov.

Definicija problema

Problemi se pogosto manifestirajo kot zaporedje simptomov, ki so v zvezi z dejanskim problemom ali pa so njegov rezultat. Ne glede na to, mora reševalec problema definirati problem še preden se dejansko začne proces iskanja alternativnih rešitev. Ta faza je odločilna za uspešen proces odločanja (McNamara, 2005, str. 1).

Izbira

Ta faza predstavlja srce procesa odločanja in je tisti del, kjer se sistem za podporo odločanja izkaže kot najkoristnejši. Izbira najustreznejše rešitve med naborom možnih alternativ je bistvo odločanja, to je odločanje samo. Pri tem je pomembno, da odločevalec kritično oceni variante, saj se le na ta način lahko doseže prave odločitve (Arnaud & LeBon, 2000, str. 5). Tu pride do izraza sistem za podporo odločanju, ki s kvantitativnim pristopom pomaga pri analizi.

Implementacija

Ko uporabnik izbere najprimernejšo alternativo iz različnih variant, se pravo delo šele začne. Proces odločanja zahteva dejanja in dogodke znotraj organizacije, ki se fokusirajo na implementacijo rešitve in na ta način reševanje samega problema. Ta dejanja vključujejo sprejemanje konsenzov, pogajanja, taktiziranje, politiziranje in intenzivno načrtovanje. Tu je zopet pomembna vloga odločevalca, saj je od njega odvisen uspeh oz. neuspeh implementiranja rešitve (Marakas, 1999, str. 38-39).

Problemi odločevalca

Odločevalci se med procesom odločanja srečujejo z več problemi, ki ovirajo sprejemanje pravilne odločitve.

Nepopolne informacije so eden izmed njih. Če so na voljo vse potrebne informacije za sprejem odločitve, je odločitev deterministična, ti problemi pa se lahko rešujejo ob pomoči deduktivne logike. Vendar pa so v praksi poslovne odločitve le redko deterministične, saj ponavadi niso na voljo vse informacije ali pa so nepopolne.

Negotovost in tveganje sta nujen del prave odločitve, brez tega gre le za izbiro možnih rezultatov (Rhodes, 1994, str. 2-3).

3.1.3 Stili odločanja

Stil odločanja pomeni način, s katerim manager sprejema odločitve – kje je poudarek pomembnosti, kako se informacije interpretirajo in kako se ravna z zunanjimi vplivi. Končni učinek posameznikovega stila odločanja na odločitev je odvisen od več faktorjev, kot so kontekst problema, sposobnost zaznavanja odločevalca in osebne vrednote, ki jih odločevalec vnaša v situacijo.

Kontekst problema vključuje faktorje v povezavi z vplivi, ki usmerjajo odločevalca k sprejemanju odločitev. Taki vplivi so: organizacijski in okoljski, kot regulativa vladnih organizacij, nove tehnologije, konkurenca na trgu in interni boj za prevlado. Poleg teh vplivov so prisotni tudi vplivi bolj individualne narave, kot so sposobnosti, energija, motivacija in

možnosti opazovanja, dojetanja. Vsi ti vplivi morajo biti v procesu odločanja usklajevani in vodeni s strani odločevalca (Marakas, 1999, str. 43).

Naslednji faktor, ki vpliva na stil odločanja, je sposobnost zaznavanja. Odločevalci so nagnjeni k temu, da ravnajo pristransko - v skladu s svojo realnostjo, ki pa večkrat odstopa od dejanskih stanj.

Tudi osebne vrednote odločevalca vplivajo na stil odločanja. Te pa so globalni pogled na svet ali splošna prepričanja, ki usmerjajo individualne akcije, presoje in želene rezultate. Osebne vrednote niso vezane na določeno situacijo, temveč so človeške lastnosti, ki se nanašajo na človeka ne glede na okoliščine, saj predstavljajo ogrodje, ki vpliva na obnašanje in način sprejemanja odločitev.

Stil odločanja lahko klasificiramo ob pomoči dveh delov: poznavalna zapletenost in usmerjenost k vrednotam. Tako poznamo štiri različne stile odločanja:

- usmerjevalen,
- analitičen,
- shematičen,
- vedenjski.

Usmerjevalen stil odločanja združuje potrebo po strukturiranosti v kontekstu problema z relativno nizko prisotnostjo nejasnosti. Odločevalci s temi karakteristikami se nagibajo k odločitvam tehnične narave in pogosto ne potrebujejo veliko informacij ali preučevati veliko alternativ.

Analitičen stil ima večjo toleranco za nejasnosti konteksta in teži k večjemu številu informacij in preučevanju velikega števila alternativ. Odločevalci z analitičnim stilom odločanja so primerni za soočanje z novimi, nepričakovanimi situacijami in konteksti problema.

Podobno kot analitičen odločevalec, ima tudi shematičen večjo toleranco za nejasnosti, vendar pa je bolj orientiran k ljudem. Tak tip odločevalca običajno razmišlja dolgoročno in je predan organizaciji.

Vedenjski odločevalec je zelo predan organizaciji in zelo orientiran k zaposlenim. Ta stil ne zahteva veliko podatkov in običajno razmišlja kratkoročno.

3.1.4 Modeli odločanja

Modeli so bistveni del informacijskih sistemov, ki vedno vključujejo miselne modele v glavah ljudi vpletenih v odločitveni proces, včasih pa tudi matematične modele. Obe vrsti modelov sta uporabljena za preoblikovanje podatkov, da pridobimo informacije, ki so ustrezne za določeno odločitev (Alter, 1992, str. 99).

Miselni modeli so nenapisane domneve in prepričanja ljudi, ko razmišljajo o določeni temi. Določajo, katere informacije se uporabljajo in kako se jih interpretira, prav relacija med njimi in uporabnostjo informacij pa je pomembna za informacijske sisteme. Čeprav so miselni modeli bistveni za organiziranje in interpretacijo informacij, so pogosto nedosledni. Tu pa je prednost matematičnih modelov.

Matematični model je zaporedje enačb ali grafov, ki opisujejo natančne relacije med spremenljivkami. Na primer vsaka relacija v miselnem modelu je lahko predstavljena natančno kot del matematičnega modela. Alter (1992, str. 100-103) se osredotoča predvsem na tri pomembne uporabe modelov: pridobivanje informacij s preučevanjem poskusnih odločitev, pridobivanje informacij z iskanjem optimalnih odločitev in pridobivanje znanja z analizo modela.

Avtorja Ackoff in Sasieni delita modele odločanja na tri širše kategorije ali tipe modelov, ki se danes uporabljajo v praksi (Monahan, 2000, str. 6), in sicer:

- ikonski modeli so prikaz objekta, ki ohranja glavne značilnosti, spremenijo pa se razmerja,
- analogni modeli uporabljajo nek niz karakteristik za predstavitev nekega drugega niza karakteristik,
- simbolni modeli uporabljajo črke, številke in druge simbole za prikaz relacij in so ponavadi izražene kot spremenljivke. Ti modeli so matematični izrazi, s katerimi je moč manipulirati.

Splošni model človeškega odločanja, kot ga vidi Možina s soavtorji (1994, str. 235), je mogoče predstaviti tudi kot povezavo odvisnih, neodvisnih in intervenirajočih spremenljivk, kjer je odvisna spremenljivka sistem odločitev pri posamezniku, neodvisne izvirajo iz posameznikovih bioloških lastnosti, iz fizičnega in socialnega okolja, intervenirajoče pa izvirajo iz notranje psihične strukture posameznika.

Model, ki zagotavlja maksimalno doseganje cilja glede na okoliščine, je najprodornejši in najvplivnejši, se imenuje **Racionalni model**. Zanj je značilno, da ga sestavlja logično zaporedje naslednjih korakov (Fitzgerald, 2002, str. 12):

- identifikacija problema,
- generiranje potencialnih rešitev,
- uporaba primernih analitičnih pristopov, izbira rešitve med različnimi alternativami, po možnosti tisto z največjo pričakovano vrednostjo,
- implementacija rešitve,
- evalvacija učinkovitosti implementirane odločitve.

Racionalni model se istoveti z mnenjem, da managerji optimizirajo svoje odločanje tako, da namerno implementirajo najboljše alternative, kar temelji na dvomljivih predpostavkah, in sicer da (Fitzgerald, 2002, str. 13):

- je mogoče vnaprej poznati možne alternativne rešitve in pričakovane rezultate vsake od njih,
- obstaja optimalna rešitev in ta optimalna rešitev je ena izmed alternativ, ki se identificirajo,
- je mogoče natančno in numerično ovrednotiti različne alternative, verjetnosti rezultatov in relativno zaželenost alternativ in rezultatov alternativ,
- odločevalci vedno ravnajo razumno, zato odločanje ni pod čustvenimi, političnimi vplivi in predsodki,
- se odločitve sprejemajo z željo po povečanju dobička.

Racionalni model torej predvideva logično zaporedje korakov, ki ga moramo upoštevati v vsaki odločitveni situaciji. Alternativni in bolj pragmatičen model, ki upošteva

pomanjkljivosti ljudi, sta razvila March in Simon. Njun zadovoljujoč model vidi odločanje kot iskanje alternative, ki doseže določeno minimalno stopnjo sprejemljivosti. Odločanje se konča, ko najdemo primerno alternativo.

Izkustvene raziskave so privedle do določenih karakterističnih pristopov k odločanju v organizacijah, opisanih v nadaljevanju (Fidler & Rogerson, 1996, str. 34-35).

- Politični pristop - v praksi so lahko odločitve v organizaciji pod vplivom lastnih interesov in želja udeležencev. Glavna naloga managementa je vzbuditi enotno skupno mišljenje, ki ima prednost pred individualnimi.
- Inkrementalni pristop - če se želimo ogniti enkratnim radikalnim spremembam, lahko sprejemamo odločitve, ki postopoma, v več korakih, vodijo k cilju. Majhne a pogoste spremembe prikrijejo končno skupno spremembo, ki bi bila lahko zavržena, če bi jo izvedli v enem koraku. Ta pristop je primeren tudi zato, ker nudi boljše možnosti za vrednotenje sprememb in učinkov različnih faktorjev.
- Pristop smetnjak - to je pristop, kjer udeleženci v organizaciji generirajo probleme in rešitve, ko se soočajo z odločanjem. Prihaja do velikega števila rešitev, le malo pa se jih dejansko implementira.
- Programiran pristop - odločanje v organizaciji je lahko omejeno s politiko organizacije, kar omejuje tudi svobodo in kreativnost odločevalca.

Gradnja modelov

Dober odločitveni model, kot pravi John D. C. Little, mora vsebovati naslednje karakteristike (Monahan, 2000, str. 7):

- enostavnost – v model vključujemo samo pomembne relacije,
- robustnost – model naj ne generira neuporabnih odgovorov,
- enostavno ravnanje – model mora brez težav virtualno generirati katerikoli izhod (rezultat) z izbiro primernih vhodnih variant,
- prilagodljivost – model mora biti enostaven za nadgradnjo oz. naknadni vnos parametrov in strukture, ki vključujejo nove informacije,
- popolnost pri pomembnih zadevah – struktura modela mora biti zmožna učinkovito ravnati z različnimi nastavitvami problemov,
- enostavnost komunikacije – model mora biti prijazen uporabniku.

Stopnje pri gradnji modelov

Gradnja modela je navadno sestavljena iz sledečih stopenj, predstavljenih v nadaljevanju kar je razvidno iz Slike 5 (Monahan, 2000, str. 8).

1. Oblikovanje problema

Identificirati moramo problem in izbrati možne poti reševanja. Prav tako mora biti jasno, kdo ima pravico in možnost odločanja. Cilji morajo biti jasni, obstajati pa mora nek proces, ki meri vpliv posameznih odločitev na obnašanje sistema.

2. Gradnja modela

V tej fazi specificiramo dejanski model, ki je v večji meri sestavljen iz matematičnih relacij. Včasih je lahko model le opis nalog, ki morajo biti izvršene, da se zaključi določena aktivnost in opis pravil, ki določajo zaporedje teh nalog.

3. Določanje rešitve

V veliko primerih je za iskanje optimalne rešitve primeren Excel in orodja, ki jih vsebuje. Na ta način poiščemo optimalno rešitev, to je rešitev, ki je v nekem smislu boljša od katerekoli druge konkurenčne rešitve.

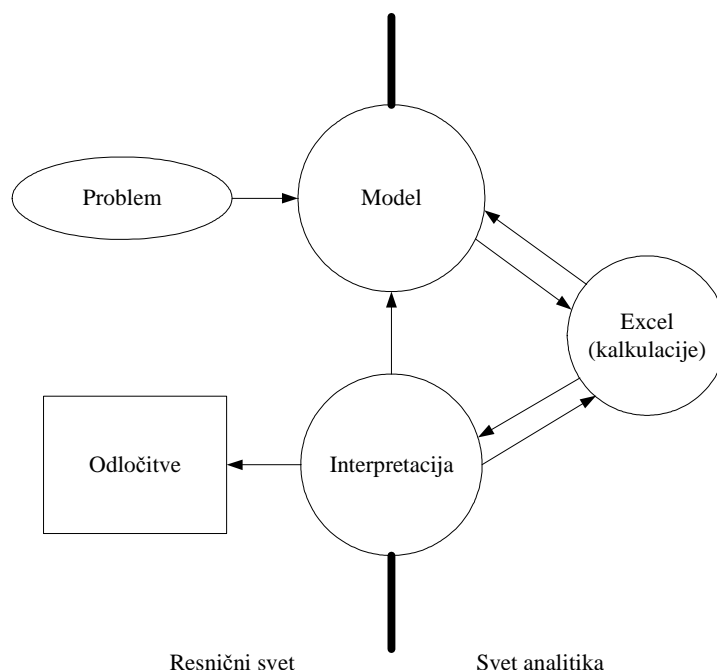
4. Vrednotenje in testiranje rešitve

V tej fazi je pomembno identificirati bistvene ekonomske relacije znotraj samega problema in poleg same rešitve problema, tudi spoznavanje njene strukture.

5. Implementacija rešitve

V tej fazi se izhod iz modela prenese nazaj v realni svet, veliko rezultatov te faze pa je specifično za določen problem.

Slika 5: Gradnja in implementacija modelov odločanja.



Vir: E. G. Monahan, *Management decision making*, 2000, str. 9.

3.1.5 Skupinsko odločanje

Čeprav je precej odločitev, s katerimi se soočajo managerji individualnih, je čedalje več tudi takih, ki jih sprejemajo skupine posameznikov. Skupinsko odločanje ima določene prednosti v procesu izbire: več znanja in izkušenj, več različnih stališč, večja demokratičnost in soglasje interesov. Poleg prednosti pa ima tudi nekaj slabih strani, kot so večja poraba časa, pritisk na prilagodljivost posameznikov in nedoločena odgovornost (Marakas, 1999, str. 150).

Naraščajoča kompleksnost mnogih problemov zahteva specifična znanja in v ta namen prisotnost več ljudi v procesu odločanja, kar pomeni, da pomen skupinskega pristopa narašča. Skupinsko odločanje lahko v nekaterih primerih sicer vzame več časa kot individualno, vendar pa se koristi, ki nastanejo zaradi prisotnosti strokovnjakov in specialistov, kažejo v boljših odločitvah (Dimovski, Penger & Škerlavaj, 2002, str. 68).

Skupinsko odločanje ima določene prednosti pred individualnim (Fidler & Rogerson, 1996, str. 36-37):

- lahko vodi do kakovostnejših odločitev, saj je na izbiro več alternativ in več različnih stališč kot pri individualnem odločanju. Skupina ponavadi sprejema bolj tvegane odločitve, saj je odgovornost pri morebitnih napačnih odločitvah porazdeljena med člane skupine in ne leži na plečih posameznika;
- olajša implementacijo odločitve, ker so vpleteni posamezniki iz različnih funkcijskih področij organizacije;
- poveča kreativnost - posamezniki lahko gradijo nove ideje na osnovi idej drugih članov v skupini, kar vodi do oblikovanja kreativnejših alternativ.

Slabe strani pa so, da se porabi več časa za sestanke in da se tvegane odločitve lahko jemlje preveč optimistično, kar ima za posledico izbiro napačne alternative. Dominantnost določenih članov skupine lahko vodi do tega, da imajo njihovi pogledi večjo težo od ostalih in da prednjači njihovo mnenje.

3.2 PODPORA ODLOČANJU

Za podporo odločanju se uporabljajo posebni sistemi, ki so zasnovani, zgrajeni in uporabljeni za podporo procesu odločanja. Niso namenjeni, da bi samostojno sprejemali odločitve, temveč je njihova prava vloga zagotavljanje podpore odločevalcu med samim procesom odločanja. Torej pomeni študija sistemov za podporo odločanju v bistvu študijo ljudi, odločitev in način, kako so te odločitve sprejete (Marakas, 1999, str. 3).

Pojem sistemi za podporo odločanju izhaja iz leta 1971, ko ga je Scott Morton opredelil kot "interaktiven računalniško osnovan sistem, ki pomaga odločevalcem uporabiti podatke in modele pri reševanju nestrukturiranih problemov" (Jenniskens, 2001, str. 361).

Razviti so bili različni tipi računalniško podprtih informacijskih sistemov za pridobivanje določenih informacij, od katerih ima vsak specifičen tip odločitve. Organizacijske odločitve se lahko delijo v tri skupine: strukturirane, delno strukturirane in nestrukturirane. **Strukturirane odločitve** za implementacijo ne potrebujejo odločevalca, saj obstaja dobro definirana procedura za izvedbo strukturirane odločitve. **Delno strukturirane** niso tako dobro definirane s standardnimi operacijskimi procedurami kot strukturirane, se pravi, da so nekatere faze strukturirane, ne pa vse. **Nestrukturirane odločitve** so edinstvene, skoraj neponovljive in nimajo standardne operacijske procedure za njihovo implementacijo. V teh razmerah igra pomembno vlogo intuicija odločevalca, računalniška tehnologija pa nudi najmanj podpore (Bidgoli, 1997, str. 11-12).

Sistemi za podporo odločanju so le ena vrsta informacijskih sistemov, ki služijo za pomoč v procesu odločanja, so podskupina skupine Informacijski sistemi za podporo odločanju, ki so opredeljeni v naslednjem poglavju.

3.2.1 Informacijski sistemi za podporo odločanju

3.2.1.1 Definicija informacijskega sistema

Za razumevanje definicije informacijskega sistema je potrebno poznati nekatere ključne pojme, pomembnejši med njimi so informacije.

Informacije so podatki, ki so prisotni v obliki, ki je uporabna in primerna za odločevalca v procesu odločanja. Za razliko od informacije, podatki predstavljajo dejstva, meritve ali opazovanja, ki so ali pa tudi ne, uporabni za izvedbo posamezne naloge (Marakas, 1999, str. 263).

Naslednji pojem, ki se pojavi v povezavi z definicijo informacijskega sistema so informacijske tehnologije. Tu gre za strojno in programsko opremo, ki skupaj izvajata naloge pri obdelavi podatkov. Informacijska tehnologija je le del informacijskega sistema, ki poleg tega združuje še informacije, ljudi in delovne navade.

Od tod lahko povzamemo definicijo informacijskega sistema, kot jo vidi avtor S. Alter (1992, str. 7-9): »Informacijski sistem je kombinacija delovne prakse, informacij, ljudi in informacijskih tehnologij, organiziranih za doseg ciljev organizacije«.

V definiciji je prisoten pojem delovna praksa, ki pomeni metode in tehnologijo, ki jih ljudje uporabljajo pri svojem delu. Tu niso zajeti le predpisani operativni postopki, temveč tudi načini koordinacije, komunikacije, odločanja in izvajanja drugih delovnih nalog.

Če informacijski sistemi niso popolnoma avtomatizirani, morajo vsebovati tudi ljudi, ki bodisi skrbijo za vhodne podatke, procesirajo bodisi pa te podatke uporabljajo. Na ljudi neposredno vpliva delovna praksa, v obratni smeri pa lastnosti ljudi v sistemu določajo, česa je delovna praksa sposobna. Ravno učinkovanje na ljudi je ključnega pomena pri razvoju in implementaciji informacijskih sistemov.

3.2.1.2 Vrste informacijskih sistemov

Glede na različne potrebe so bili razviti tudi različni tipi informacijskih sistemov. Bidgoli (1997, str. 12-25) glavno skupino informacijskih sistemov deli glede na njihovo stvarnost, predvideno avdienco in uporabljeno tehnologijo v:

- sistemi za elektronsko procesiranje podatkov (angl. *EDP - electronic data processing*),
- informacijski sistemi za upravljanje (angl. *MIS - management information systems*),
- sistemi za podporo odločanju (angl. *DSS - decision support systems*),
- informacijski sistemi za direktorje (angl. *EIS - executive information systems*).

Poleg zgoraj naštetih so popularni tudi:

- sistemi za podporo skupini (angl. *GSS - group support systems*),
- geografski informacijski sistemi (angl. *GIS - geographic information systems*).

Posebno skupino pa tvorijo sistemi oz. tehnologije povezane z umetno inteligenco:

- ekspertni sistemi (angl. *ES - expert systems*),
- procesiranje naravnega jezika (angl. *NLP - natural language processing*),
- inteligentni roboti (angl. *robotics*),
- nevronske mreže (angl. *neural networks*),
- mehka logika (angl. *fuzzy logic*),
- inteligentni agenti (angl. *intelligent agents*).

Sistemi za elektronsko procesiranje podatkov

Elektronsko procesiranje podatkov je bilo v zadnjem času implementirano v strukturirane naloge, kot so hranjenje dokumentov, enostavne pisarniške operacije in nadzorovanje popisa imetja. Plačilne liste so bile npr. ena prvih aplikacij, ki je bila avtomatizirana. Delovne naloge pri teh sistemih so ali ponavljajoče ali pa vsebujejo ogromno število podatkov. Z vpeljavo teh sistemov se zelo zmanjša potreba po človeški delovni sili.

Informacijski sistemi za upravljanje

Pojavili so se sredi šestdesetih let, njihov glavni cilj pa je bil zagotavljanje koristnih, točnih informacij in informacij v pravem času za srednji management. Zdaj lahko rečemo, da informacijski sistemi za managerje zagotavljajo managerjem poročila in dostop do podatkov o tekočem ali preteklem poslovanju organizacije. Čeprav ti sistemi posredujejo veliko informacij, jim manjka fleksibilnosti in niso primerni za »ad-hoc« aplikacije. Zaradi vedno novih zahtev po primernejših oblikah informacij, sistemi za upravljanje niso bili več kos novim informacijskim zahtevam, zato je v začetku sedemdesetih let začela nastajati nova vrsta informacijskih sistemov, imenovana sistemi za podporo odločanju (Novak & Gradišar, 2000, str. 248).

Sistemi za podporo odločanju

To so računalniško podprti informacijski sistemi, ki vsebujejo programsko in strojno opremo, človeške elemente ter so zasnovani kot pomoč vsakemu odločevalcu, na katerikoli organizacijski ravni, s poudarkom na reševanju delno strukturiranih in nestrukturiranih problemov. Svojim uporabnikom nudijo različne načine za obdelavo, analizo in prikaz podatkov, pomagajo pa tudi pri vrednotenju alternativnih rešitev. Uporabljajo tako notranje kot zunanje vire podatkov, poudarek je na sedanjosti in prihodnosti, uporabljajo pa matematične in statistične modele. Kjerkoli v organizaciji se sprejemajo odločitve, tam je tudi potreba po sistemu za podporo odločanju (Power, 2002, str. 7).

Že Alter (1980, str. 1-3) je pojasnjeval prednosti sistemov za podporo odločanju in pravi, da ti sistemi težijo k splošni učinkovitosti posameznikov in organizacij, so fleksibilni ter se osredotočajo na sedanjost in prihodnost. Poudarek je torej na večji individualni in organizacijski učinkovitosti, ne pa toliko na procesiranju velikega števila podatkov.

Glavne lastnosti sistemov za podporo odločanju so (Jenniskens, 2001, str. 363-364):

- možnost reševanja kompleksnih problemov, ki običajno niso rešljivi z drugimi računalniškimi pristopi;
- hiter odziv na nepredvidene situacije, ki spremenijo razmere. Omogočajo kvantitativno analizo v zelo kratkem času in hitro objektivno vrednotenje pogostih sprememb;
- možnost poskušanja več različnih strategij pod različnimi pogoji, hitro in objektivno (»kaj-če« analiza). »Kaj-če« analiza je pomembna lastnost sistemov za podporo odločanju, saj omogoča spremljanje sprememb rezultatov pri določenih spremembah vhodnih podatkov;
- omogočanje novih spoznanj in učenje uporabnikov, ki s poglobljeno »kaj-če« analizo nabirajo dodatne izkušnje in znanja;
- pospeševanje komunikacije, saj so uporabniki aktivno vključeni v proces zbiranja podatkov in gradnje modela ter na ta način prisiljeni veliko komunicirati, tudi z managerji;

- izboljševanje nadzora nad porabo in stroški ter delovanjem organizacije;
- prihranek stroškov – rutinske aplikacije sistema za podporo odločanju lahko močno znižajo stroške in (ali) preprečijo stroške morebitnih napačnih odločitev;
- objektivnost odločitev; tako dobljene odločitve so bolj dosledne in objektivne kot intuitivne odločitve ter imajo zato več možnosti za uspešno implementacijo;
- izboljšanje učinkovitosti managerjev, saj imajo managerji več časa za analizo, načrtovanje in implementacijo;
- individualna podpora in (ali) podpora skupinam managerjev.

Informacijski sistemi za direktorje

Informacijski sistemi za direktorje naj bi zagotavljali le informacije, ki so odločilne za odločevalca, dostop pa je izveden na način, ki omogoča managerju pregled nad informacijami vedno, kadar jih potrebuje in to v ustrezni obliki. Glavni namen je namreč, da prečisti poplavo nepotrebnih informacij, ki zasipajo managerje in jim posreduje le tiste, ki so za njih odločilne.

V splošnem je informacijski sistem za direktorje poseben tip informacijskega sistema, zasnovan za analizo informacij, ki so bistvene za splošno delovanje organizacije in zagotavlja orodja, ki podpirajo strateške odločitvene procese, vodene s strani vrhnjega managementa. Informacijski sistem za direktorje lahko definiramo kot računalniško zasnovan sistem, namenjen za zagotavljanje in podporo informacij in odločitvenih potreb direktorjev, z zagotavljanjem enostavnega dostopa do notranjih in zunanjih informacij, ki so v skladu z zastavljenimi cilji organizacije (Marakas, 1999, str. 185).

Glavne lastnosti informacijskih sistemov za direktorje so opisane v nadaljevanju (Bidgoli, 1997, str. 294-295).

- Ključno vlogo za uspešnosti teh sistemov predstavlja enostavnost uporabe, saj ponavadi njihovi uporabniki niso dobro računalniško podkovani.
- Zelo pomemben je dostop do notranjih in zunanjih informacij, saj mora omogočati sledenje trendom ter napovedovanje in analizo različnih scenarijev. Zunanje informacije lahko prihajajo iz različnih virov, kot so konkurenca, vladne in finančne organizacije, notranje pa prihajajo iz organizacije same. Bistven izziv predstavlja zbiranje in pravilna manipulacija zunanjih informacij.
- Odločilni faktorji uspeha – sistem mora biti zasnovan tako, da zagotavlja informacije, pomembne za odločilne faktorje uspeha organizacije, oddelka ali posameznikov.
- Sistem zagotavlja dostop do večslojnih informacij na zahtevo.

Sistemi za podporo skupini

Današnje okolje in situacije se vedno bolj nagibajo k skupinskemu odločanju, zato je tudi močan razvoj sistemov za podporo skupini. Namenjeni so za pomoč skupini odločevalcev, ki delujejo skupaj z določeno nalogo, kot cilj sprejeti ustrezno odločitev ali izboljšati odločitev.

Geografski informacijski sistemi

Geografski informacijski sistem združuje prostorske in druge podatke ter posebne tehnike za shranjevanje koordinat kompleksnih geografskih objektov, vključujoč linije (cestna omrežja, reke, ulice) in cone (poštne številke, mesta, države). Geografski informacijski sistem je organizirana zbirka strojne in programske opreme, geografskih podatkov in osebja,

usposobljenega za uspešno zajemanje, shranjevanje, manipulacijo, nadgradnjo, analizo in prikaz vseh geografsko odvisnih informacij.

Ekspertni sistemi

Ekspertni sistemi služijo kot pomoč za reševanje problemov v zelo dobro definiranem okolju in delujejo na osnovi heuristike. Pomagajo strokovnjakom pri načrtovanju, analizi in presoji kompleksnih situacij, ki zahtevajo ekspertno znanje. Zahtevni problemi so povezani z veliko količino podatkov, ki so običajno "mehki podatki". To so podatki, ki niso natančni, imajo namreč verjetnostni značaj, lahko pa so celo zavajajoči. Nepopolnost podatkov pride manj do izraza, če pri reševanju problema sodeluje več strokovnjakov, ki sproti pojasnijo marsikatero zmedo v zvezi s podatki, kot tudi s postopkom samega reševanja problema (Rajkovič, 2001, str. 96-97; Zornada, 1999, str. 10).

Pri kompleksnih odločitvah v organizacijah se pogosto pojavi potreba po ekspertih. Ti imajo specifična znanja in izkušnje na določenem problemskem področju in se zavedajo, kakšne so alternative, možnosti za uspeh in stroški. Ekspertni sistemi skušajo posnemati človeške eksperte (Gasar, Bohanec & Rajkovič, 2002, str. 508).

Glavne komponente ekspertnih sistemov so (Rajkovič, 2001):

- baza znanja, ki vsebuje znanje z določenega problemskega področja,
- mehanizmi sklepanja – to so algoritmi, ki so sposobni uporabiti bazo znanja za reševanje problemov,
- uporabniški vmesnik, ki predstavlja del, ki povezuje računalnik s človekom; na tem mestu je smiselno uporabiti sodobno programsko opremo za vodenje dialoga z osebo, ki sprejema odločitve.

Glavne prednosti ekspertnih sistemov so predstavljene v nadaljevanju (Marakas, 1999, str. 248-250).

- Bolj pravočasno odločanje, saj ni potrebno stalno kontaktirati z ekspertom in biti od njega odvisen. Ekspertni sistem je lahko tudi simultano na voljo več različnim managerjem, kar ponovno pripomore h krajšemu času sprejemanja odločitev.
- Povečana produktivnost ekspertov v organizaciji, saj se lahko določi prioriteto posameznih odločitev, eksperti pa se lahko ukvarjajo z najpomembnejšimi odločitvami za organizacijo.
- Večja ustaljenost odločitev, saj gre za poenotenost vhodnih podatkov pri odločitvi, kot posledica pa je večja ustaljenost rezultatov.
- Izboljšano razumevanje in razlaga - tako kot človeški ekspert, lahko tudi ekspertni sistem podaja razlago uporabljenih postopkov in razmislekov med procesom reševanja problema.
- Zmanjšanje negotovosti - eksperti morajo obvladovati negotovosti pri njihovi analizi problematike. Negotovost je prisotna povsod v odločanju in ekspert mora biti sposoben določiti delež negotovosti (stopnjo zaupanja). Metoda s katero ekspertni sistemi ravnajo z negotovostjo, se imenuje mehka logika.
- Točno oblikovanje znanja v organizaciji - z vključevanjem procesov in pravil sklepanja eksperta določenega področja znanja v ekspertni sistem se v organizaciji določijo zakonitosti v zvezi s tem znanjem. Proces pridobivanja znanja dovoljuje natančen pregled pristopov organizacije k reševanju problema in pripomore k boljšem razumevanju reševanja problemov v organizaciji.

Procesiranje naravnega jezika

Razvitih je bilo pet razredov računalniških jezikov, ki naj bi omogočili uporabniku komunicirati z računalnikom v svojem jeziku. Cilj sistemov za procesiranje naravnega jezika je najti metodo za vmesnik, ki je zelo podoben našemu jeziku. Pri tem pa se soočamo z določenimi ovirami, kot so: dvoumnost našega jezika, nedokončani stavki, zmeda z metaforami, posebnosti govora in podobno zveneče besede.

Inteligentni roboti

Roboti so ena izmed uspešnejših aplikacij umetne inteligence in imajo še veliko odprtih možnosti za nadaljnji razvoj in izpopolnjevanje. Delovanje robota nadzira računalnik in računalniški program.

Nevronske mreže

Nevronske mreže so ena izmed novejših multidisciplinarnih področij raziskav, ki je raslo zaradi poglobljenih študij možganov in njihovih sposobnosti reševanja problemov. Bistvo nevrnske mreže je, da povezuje večje število neodvisnih procesnih enot za izvedbo določene naloge. Proces je zelo podoben delovanju človeških možganov, ki tudi uporabljajo številne nevronske mreže za izvedbo nalog.

Podobno kot ekspertni sistemi se tudi nevrnske mreže uporabljajo za reševanje slabo strukturiranih problemov, niso pa sposobne razložiti dane rešitve. Nevronske mreže so t. i. učeči sistemi, saj se učijo, ko rešujejo različne naloge. To pa dosežejo tako, da razvijejo model na podlagi vhodnih in izhodnih podatkov.

Naravna nevrnska mreža je zapleten sistem medsebojno povezanih živčnih celic, ki komunicirajo, procesirajo in shranjujejo informacije. Umetne nevrnske mreže so poskus posnemanja strukture in funkcije naravnih ob pomoči računalniške strojne in (ali) programske opreme (Dreyfus, 2005, str. 1-2).

Mehka logika

Ponavadi potrebuje računalniški sistem natančne vhodne podatke, da lahko zagotovi enoumne odgovore. Mehka logika pa omogoča, da uporabljamo približke in nerazločne podatke ter vseeno dobimo jasne in opredeljive odgovore. Ti sistemi torej lahko dajejo točne rezultate in lahko uporabljajo vhodne podatke različne stopnje točnosti.

Inteligentni agenti

Inteligentni agent je kombinacija strojne in programske opreme in ima sposobnost sklepanja. Primeri nekaj kategorij inteligentnih agentov so: agenti elektronske pošte, svetovnega spleta, poslovni in ekonomski.

3.2.2 Večparametrsko odločanje

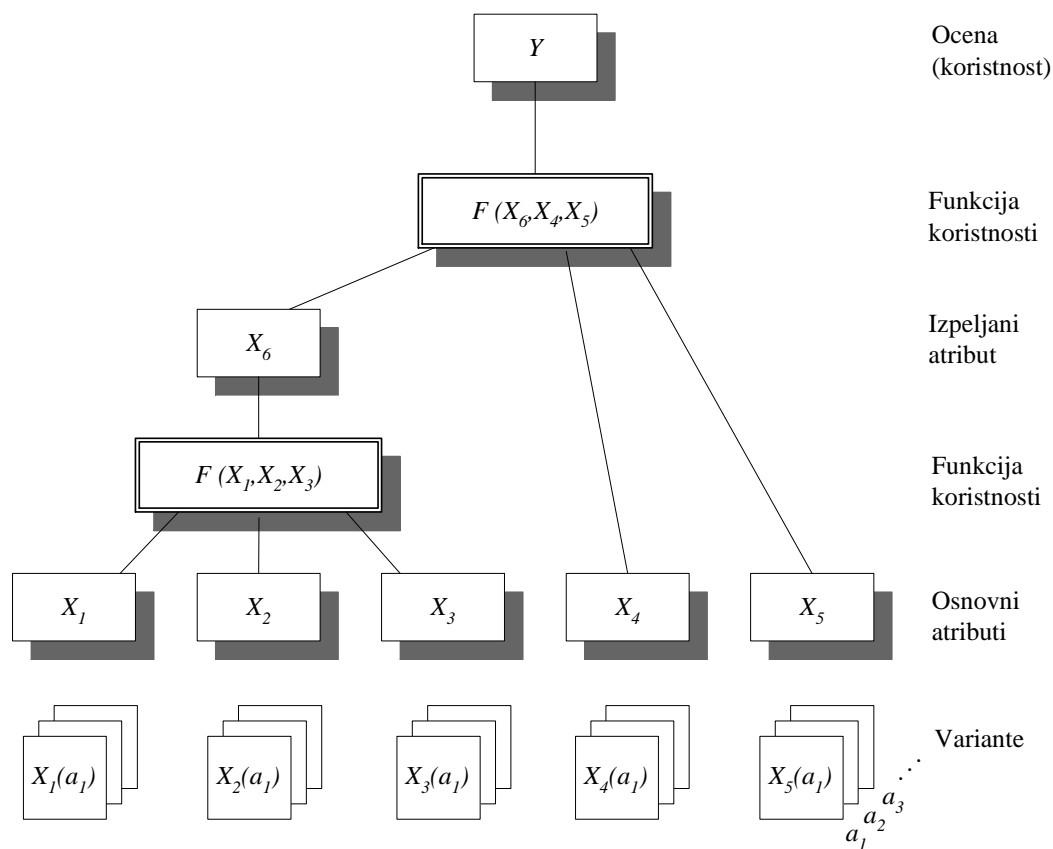
Kot je bilo že v prejšnjih poglavjih ugotovljeno, je odločanje proces, v katerem je potrebno izmed več variant izbrati tisto, ki najbolj ustreza postavljenim ciljem. Večparametrsko odločanje pa temelji na razgradnji odločitvenega problema na manjše probleme. Variante

razgradimo na posamezne parametre (kriterije, attribute) in jih ločeno ocenimo glede na vsak parameter. Potem s postopkom združevanja dobimo končno oceno variante, ki predstavlja osnovo za dokončni izbor najustreznejše variante (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 428).

Večkriterijsko modeliranje ponavadi razumemo kot proces ocenjevanja, kjer se razvije model, ki zagotavlja vrednotenje variant glede na zastavljene cilje. Model temelji na določenem seznamu kriterijev, parametrov, spremenljivk in dejavnikov, ki jih želimo slediti v procesu. Teorija večkriterijskega odločanja predstavlja formalno osnovo za izgradnjo modela, kjer je temeljni problem povezovanje ocen po posameznih parametrih v enotno oceno. Obstajajo različni pripomočki in principi, ki služijo kot pomoč pri reševanju teh problemov, ekspertno modeliranje pa je tista, ki znanje predstavi na človeku razumljivejši način kot klasične odločitvene metode. Prednost je tudi v preglednosti postopkov v celoti in v razumljivi razlagi ocen (Rajkovič et al., 1999, str. 388; Bohanec et al., 2002, 19-22).

Omenjen pristop je smiseln v primeru, če gre za kompleksne sisteme, kjer je vključenih veliko dejavnikov in so ti med seboj povezani na zapleten način. Poleg tega je potrebno upoštevati še kvalitativno naravo nekaterih pomembnih meril, kot sta npr. nepopolnost in netočnost podatkov, ki so lahko tudi pomanjkljivi in imajo verjetnostni značaj (Rajkovič et al., 1999, str. 388). Začetek postopka pri večparametrskem odločanju predstavlja izgradnja hierarhičnega modela, ki je prikazan na Sliki 6.

Slika 6: Večparametrski hierarhični odločitveni model



Vir: M. Bohanec, B. Zupan in V. Rajkovič, *Applications of qualitative multi-attribute decision models in health care*, 2000, str. 193.

Pri večparametrskem odločanju poteka vrednotenje variant na osnovi hierarhičnega večparametrskega modela, ki je sestavljen iz več komponent. Hierarhični odločitveni model je v splošnem sestavljen iz dveh tipov komponent: atributov in funkcij koristnosti. Vhod v model predstavljajo atributi, imenovani tudi parametri ali kriteriji, ki so spremenljivke in ponazarjajo podprobleme odločitvenega problema. Urejeni so v hierarhično strukturo, ki ponazarja medsebojne odvisnosti med atributi. Tako so atributi na višji ravni odvisni od svojih neposrednih naslednikov, zato jih ločimo glede na položaj v strukturi na osnovne in izpeljane. V modelu je za vsak izpeljan atribut določena funkcija koristnosti, ki določa odvisnost tega atributa od njegovih neposrednih naslednikov v strukturi (Bohanec, Zupan & Rajkovič, 1997, str. 3).

Zgornja slika prikazuje model, ki je sestavljen iz petih osnovnih atributov in dveh izpeljanih atributov, X_6 in Y . Za vsak izpeljani atribut obstaja določena funkcija koristnosti, ki določa odvisnost atributa z njegovimi nižje ležečimi atributi v hierarhiji (Bohanec, Zupan & Rajkovič, 2000, str. 193).

Variante opišemo z vrednostmi a_i osnovnih atributov, vrednotenje pa poteka od spodaj navzgor. Gre za postopek združevanja vrednosti v skladu s strukturo modela in funkcijami koristnosti. Končno oceno variante predstavlja vrednost spremenljivke Y (Bohanec, Zupan & Rajkovič, 1997, str. 3).

Funkcija koristnosti je običajno dvostopenjska. Na nižji ravni je za vsak kriterij definirana delna funkcija koristnosti, ki določa odvisnost med dejansko vrednostjo parametra X in preferenco P , ki pomeni stopnjo zaželenosti. Vrednost preference se ponavadi izraža z vrednostmi med 0 in 1, kjer 1 pomeni najbolj zaželeno vrednost, 0 pa najmanj. Delne funkcije koristnosti nam pomagajo združiti več med seboj zelo različnih parametrov (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 428). Na drugi stopnji pride do združevanja parametrov, kjer funkcija opravi združevanje in pomeni uteženo vsoto posameznih referenc. Tako dobimo odločitveni model za vrednotenje variant.

V odločitvenem procesu imamo opravka z množico variant, ki je potencialno neskončna. Elementi odločitvenega procesa so sledeči (Rajkovič, Bohanec & Bitenc, 2001, str. 15-20):

- množica variant \mathbf{A} : $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, \dots$;
- preferenčna relacija \mathbf{P} ; relacija \mathbf{P} uredi množico \mathbf{A} po zaželenosti, ustreznosti oz. koristnosti;
- racionalna odločitev; to je izbira tiste variante a iz \mathbf{A} , ki je najbolj zaželena ;
- funkcija koristnosti; funkcija $F(a)$ izmeri stopnjo zaželenosti variante a , tako da za vsak par a, b iz \mathbf{A} velja enačba (13), kjer $a \mathbf{P} b$ pomeni, da imamo varianto a rajši kot varianto b .

$$a \mathbf{P} b \Leftrightarrow F(a) > F(b) \quad (13)$$

Pri večparametrskem odločanju imamo množico parametrov \mathbf{X} ;

$$\mathbf{X}: x_1, x_2, \dots, x_m \quad x_i: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{D}_i$$

kjer so \mathbf{D}_i zaloge vrednosti i -tega parametra. Varianto \mathbf{a} iz množice \mathbf{A} opišemo z naborom (vektorjem) vrednosti parametrov:

$$\mathbf{a} = x_1(\mathbf{a}), x_2(\mathbf{a}), \dots, x_m(\mathbf{a})$$

Funkcijo koristnosti $F: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{D}$ nadomestimo s funkcijo F^* in predpostavimo, kot prikazuje enačba (14).

$$F(a) = F^*(x_1(a), x_2(a), \dots, x_m(a)) \quad (14)$$

Podatke o variantah in dobljene končne ocene lahko prikažemo v obliki preglednice, še posebno če gre za preprostejši primer, kjer ni veliko parametrov in variant. V tem primeru podatke o variantah vnesemo v tabelo, funkcijo koristnosti pa oblikujemo z ustreznimi formulami. V zahtevnejših primerih, kjer je parametrov ali variant več, je smiselno uporabiti programe za podporo večparametrskemu odločanju, ki imajo že vgrajena orodja za definicijo parametrov, oblikovanje funkcij koristnosti in zajemanje podatkov o variantah. Dodatno podpirajo tudi najpomembnejšo operacijo - vrednotenje variant in sicer s pripomočki za analizo dobljenih rezultatov. Ti pripomočki so lahko analiza občutljivosti in stabilnosti odločitvenega modela, generator variant, analize tipa »kaj-če«, različni grafični prikazi in poročila. Z nekaterimi je mogoče tudi delo z nenatančnimi in nepopolnimi podatki, za kar uporabljajo verjetnostne porazdelitve in intervalski račun. Nekateri taki programi so: MAUD Decaid, Decision Pad, HIVIEW, PROMETHEE, DEX (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 428-429). Prav zadnji bo v nadaljevanju deležen več pozornosti in ga bom tudi natančneje obravnaval.

3.2.3 Faze odločitvenega procesa

Priznani avtor Herbert A. Simon je v svojem klasičnem modelu razčlenil proces odločanja v tri stopnje: zbiranje informacij, oblikovanje alternativnih rešitev in izbor alternative. Čeprav obstaja v modelu več faz, so resnični odločitveni procesi iterativni in se vračajo k prejšnjim fazam (Alter, 1992, str. 95).

Lahko rečemo, da odločitveni proces predstavlja sistematično zbiranje in urejanje znanja, zagotavlja primerno število informacij za zagotovitev primerne odločitve, pospeši proces odločanja ter dvigne kakovost odločitve. Odločitveni proces praviloma poteka v sledečem zaporedju faz: identifikacija problema, identifikacija kriterijev, definicija funkcij koristnosti, opis variant ter vrednotenje in analiza variant (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 429-430).

3.2.3.1 Identifikacija problema

V tej fazi ugotovimo, da je nastopil odločitveni problem, ki je dovolj kompleksen, da ga je smiselno reševati sistematično in organizirano. V ta namen definiramo problem, opredelimo cilje in zahteve ter oblikujemo odločitveno skupino. To je tista skupina ljudi, ki se v končni fazi odloči in je za to odločitev tudi odgovorna. Pri zahtevnih problemih je potrebno v skupino vključiti tudi (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 430):

- eksperte, ki imajo poglobljeno znanje o problematiki,
- odločitvenega analitika, ki skrbi za usklajenost in učinkovitost dela skupine ter za metodološko in računalniško podporo odločanju,
- predstavnike različnih segmentov, na katere vpliva odločitev.

Ugotavljanje problemskega stanja ponavadi ni težko, saj pomeni razliko med želenim in dejanskim stanjem. Vendar pa je točna identifikacija problema pogosto otežkočena zaradi dejavnikov, opisanih v nadaljevanju (Dimovski, Penger & Škerlavaj, 2002, str. 59).

- Percepcijski problemi - način zaznavanja realnosti lahko privede do izkrivljanja pomena določene informacije, še posebno če je ta negativna.
- Definiranje problemov z reševanjem - v tem primeru gre za način preskoka na zaključke.
- Identificiranje znakov kot problemov - najprej je potrebno prepoznati pravi problem, potem se lahko odkrije vzroke za nastanek problema.

3.2.3.2 Identifikacija kriterijev

V tej fazi določimo kriterije, ki so osnova za ocenjevanje variant in zasnujemo strukturo odločitvenega modela. Pomembno je, da zajamemo vse kriterije, ki bistveno vplivajo na odločitev. Izpolniti je potrebno tudi zahteve, kot so strukturiranost, neredundantnost, ortogonalnost in merljivost kriterijev. Smiselni postopek identifikacije kriterijev poteka v sledečih korakih (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 430):

- priprava seznama kriterijev, ki so upoštevani pri ocenjevanju variant,
- strukturiranje kriterijev, kar pomeni njihovo hierarhično ureditev, z upoštevanjem medsebojnih odvisnosti in povezav; rezultat je drevo kriterijev,
- določitev merskih lestvic vsem kriterijem v drevesu, kar pomeni določitev zaloge vrednosti, ki jo lahko zavzamejo pri vrednotenju.

3.2.3.3 Definicija funkcij koristnosti

V tej fazi določimo funkcije koristnosti za vse kriterije, ki opredeljujejo vpliv nižjenivojskih kriterijev na višjenivojske, vse do korena drevesa, ki predstavlja končno oceno variant. Najpogosteje se uporabljajo preproste funkcije, kot so utežena vsota in razna povprečja, redkeje pa zahtevnejše, kot so: funkcije zvezne logike, funkcije na osnovi Bayesovega pravila ali mehkih množic in odločitvena pravila (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 430).

Zajemanje funkcij koristnosti je podprto s podsistemi za zagotavljanje konsistentnosti in polnosti funkcij, z možnostjo izbiranja oz. parametrizacije vnaprej pripravljenih funkcij, zajemanja v grafični obliki ter z različnimi dialogi, ki jih vodi računalniški program (Bohanec, Zupan & Rajkovič, 1997, str. 4).

3.2.3.4 Opis variant

Variante opišemo z vrednostmi osnovnih kriterijev, ki ležijo na listih drevesa. Do opisa pridemo s preučevanjem variant in zbiranjem podatkov o njih, pri čemer so podatki pogosto pomanjkljivi in nezanesljivi. V tem primeru nekatere metode odpovedo, druge pa omogočajo, da takšne podatke opišemo v obliki intervalov ali verjetnostnih porazdelitev (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 430).

3.2.3.5 Vrednotenje in analiza variant

Pri vrednotenju variant gre za to, da njihove končne ocene določimo na osnovi njihovega opisa po osnovnih kriterijih. Vrednotenje poteka od spodaj navzgor, v skladu s strukturo kriterijev in funkcijami koristnosti. Varianta z najvišjo oceno je ponavadi najboljša, razen če je vmes prišlo do napake pri ocenitvi. Na končno oceno vpliva več dejavnikov, poleg tega pa končna ocena ponavadi ne zadostuje za celovito predstavo o posamezni varianti. Variante želimo podrobneje analizirati in razložiti proces ter rezultate odločanja. Zato je potrebno

varianete skrbno analizirati, poleg tega pa se postavlja vrsta vprašanj, naštetih v nadaljevanju (Bohanec & Rajkovič, 1995, str. 430-433; Bohanec, Zupan & Rajkovič, 1997, str. 5-6).

- Na osnovi katerih vrednosti kriterijev in funkcij je bila izračunana končna ocena?
- Ali je končna ocena v skladu s pričakovanji ali odstopa in če, zakaj?
- Kateri kriteriji so najbolj prispevali k taki oceni?
- Katere so bistvene prednosti in pomanjkljivosti posamezne variante?
- Kakšen je vpliv spremembe vrednosti kriterijev na končno oceno?
- Ali je mogoče variante izboljšati in kako?
- Katere spremembe povzročajo bistveno poslabšanje ocen variant?
- V čem se variante bistveno razlikujejo med seboj?

Z odgovori na ta vprašanja dobimo celovito sliko o variantah in s tem kakovostnejšo, boljše utemeljeno in preverjeno odločitev. V ta namen se uporabljajo računalniška orodja, ki nudijo vrsto metod, ki podpirajo tovrstne analize in simulacije. Eno takih je DEX, ki ga bom podrobneje predstavil v nadaljevanju.

3.2.4 Pomanjkljivosti v procesu odločanja

V procesu odločanja je pomembno, da zberemo vse relevantne informacije in jih pravilno interpretiramo. Vse alternative je potrebno ovrednotiti na osnovi enoumnih kriterijev, v smislu največje koristi posameznika in organizacije.

Proces odločanja je izpostavljen številnim pomanjkljivostim, razlogi zanje pa so lahko različni. Najpogostejši med njimi so (Alter, 1992, str. 97-98):

- neprimeren opis odločitve; odločevalci se pogosto odločajo pod vplivom jezika ali konteksta, v katerem je predstavljena določena odločitev,
- učinek nedavne preteklosti; ljudje se pogosto odločamo na osnovi najbolj svežih informacij, večjo težo imajo tudi informacije, ki so najbolj uprizorjene ali pripravljene,
- izoblikovanost stališč; pomeni pripisovanje pretiranega pomena prvim prejetim informacijam,
- slaba ocena možnosti; ljudje smo nagnjeni k precenjevanju možnosti pojava dogodkov, ki so nam domači, istočasno pa podcenjujemo možnost pojava negativnih dogodkov,
- pretirana samozavest; strokovnjaki so pogosto pretirano samozavestni glede svojega znanja in poznavanja situacije, zato izoblikujejo prve zaključke, od katerih ne odstopajo,
- eskalacijski fenomen; odločevalci težko odstopajo od izbranega načina reševanja problema in ignorirajo negativne povratne informacije, kar vodi do dodatnih in nepotrebnih stroškov,
- nagnjenost k navezovanju; odločevalci so nagnjeni k ponavljanju odločitev, s katerimi so v preteklosti dosegali uspehe, kar pa ne pomeni, da so primerne tudi v danih okoliščinah,
- skupinsko razmišljanje; skupine težijo h konsenzu in koheziji in zanemarjajo razpravljanje o nepriljubljenih temah.

Informacijski sistemi so učinkovito orodje za odpravljanje pomanjkljivosti v procesu odločanja in zagotavljajo dodatne informacije, ki jih sicer ne bi imeli.

3.2.5 DEX kot lupina ekspertnega sistema za večparametrsko ocenjevanje in odločanje

V kompleksnem procesu odločanja imamo pogosto opraviti s problemom izbire. Dobimo alternative, ki predstavljajo objekte ali dejanja, cilj pa je izbrati tisto, ki najbolje izpolnjuje cilje odločevalca ali razvrstiti variante od najboljše proti najslabši. Eden od pristopov k reševanju takih problemov, ki je dobro razširjen v sistemih za podporo odločanju, temelji na modelih za vrednotenje. Osnovna ideja je razviti model, ki vrednoti variante in daje njihovo oceno koristnosti (Bohanec & Rajkovič, 1999, str. 487).

Pomembna lastnost modelov za vrednotenje je poleg samega vrednotenja tudi možnost izvajanja analiz in simulacij, ki pripomorejo k boljši razlagi odločitev. Tak primer je »kaj-če« analiza, ki zagotavlja boljši vpogled v vzročno relacijo med parametri problema in rezultati. Še en primer predstavlja analiza občutljivosti, ki ocenjuje občutljivost modela na majhne spremembe variant (Bohanec & Rajkovič, 1999, str. 487).

Pristop, ki prevladuje v praksi odločanja, je večparametrsko razčlenjevanje, kjer se zahteven problem razdeli na manjše in manj zahtevne probleme. Rezultat tega je odločitveni model, ki je sestavljen iz parametrov, vsak od njih pa predstavlja določen podproblem odločanja. Povezujejo jih funkcije koristnosti, ki jih ocenjujejo z upoštevanjem neposrednih potomcev v hierarhiji. Osnova resničnih aplikacij večparametrskih metod je nedvomno DEX (Decision EXpert), ki predstavlja lupino ekspertnega sistema in deluje v okolju DOS (Bohanec & Rajkovič, 1999, str. 487-488; Azarov Domanjko, Rajkovič & Bohanec, 2002, str. 503-505).

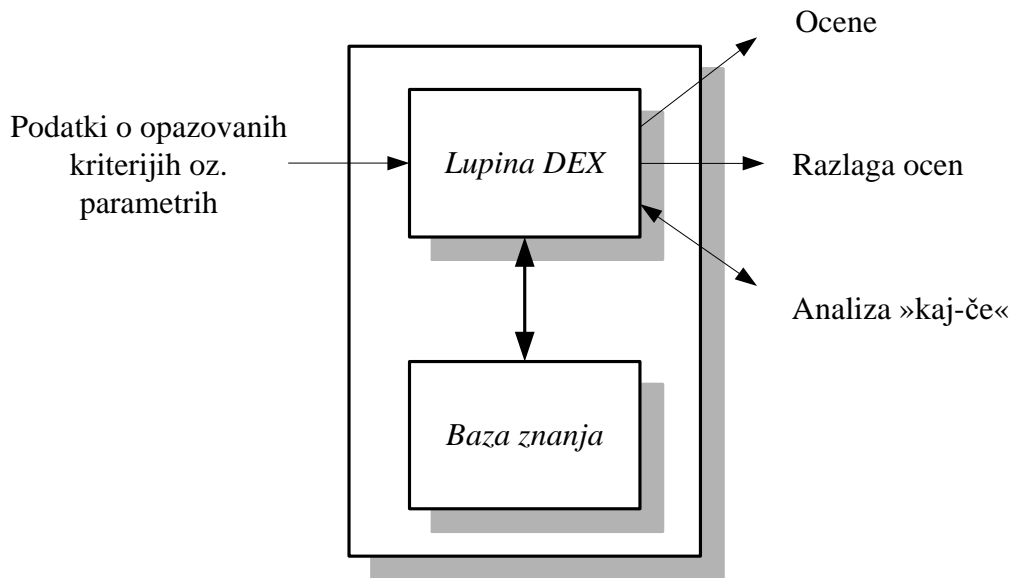
DEX je nastal leta 1988 kot plod sodelovanja med Institutom Jožef Stefan in Fakulteto za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Kot nadgradnjo temu, pa so leta 1999 v okviru programa Računalniško opismenjevanje Ministrstva za šolstvo in šport razvili še računalniški program DEXi, ki sloni na metodologiji DEX in deluje v MS Windows okolju.

Pri DEX-u je torej pristop kombiniran z elementi ekspertnega sistema in strojnega učenja. Atributi in postopki agregacije se obravnavajo kot eksplicitna baza znanja, ki je sestavljena iz: drevesa kriterijev, postopkov agregacije, izraženih z odločitvenimi pravili, in opisov variant (Šušteršič, Rajkovič & Kljajić, 1999, str. 243).

DEX je v osnovi sestavljen iz dveh delov (Rajkovič et al., 1999, str. 386-387):

- pridobivanje in urejanje znanja pomaga uporabniku oblikovati drevo kriterijev in pravil odločanja za obravnavani problem. To je v bistvu proces strukturiranja odločitvenega problema in izražanja preferenc, pri čemer se konsistentnost odločitvenih pravil sproti računalniško preverja,
- ocena in analiza variant, kjer se uporablja pridobljeno bazo znanja za oceno in analizo variant. Ta del je shematsko prikazan na Sliki 7.

Slika 7: Shematični prikaz strukture sistema za ocenjevanje



Vir: V. Rajkovič et al., *Kako storiti več za kakovost zdravstva in šolstva*, 1999, str. 387.

Vsaka varianta je opisana z vrednostmi kriterijev, ki predstavljajo liste drevesa. DEX oceni vsako varianto v skladu z bazo znanja in odločitvenimi pravili in na ta način dobimo za vsako varianto oceno ustreznosti. Temu postopku lahko sledi analiza rezultatov, ki je sestavljena iz ene ali več sledečih aktivnosti (Rajkovič et al., 1999, str. 387):

- razlaga ocene: DEX je sposoben razložiti, kako je bila pridobljena posamezna ocena v smislu kriterijskih vrednosti in uporabljenih odločitvenih pravil,
- analiza tipa »kaj-če«: izvedena je interaktivno, s spremembo opisa variant, njihove ponovne ocenitve in primerjave rezultatov s prvotnimi,
- selektivna razlaga opcij: DEX poišče in poroča o tistih podkriterijskih drevesih, ki odražajo najmočnejše ali najšibkejše karakteristike posamezne variante, s čimer se doseže bistvo, ki je razlaga variant ob uporabi samo najbolj relevantnih informacij.

DEX je torej lupina ekspertnega sistema za večkriterijsko odločanje, ki združuje večkriterijsko odločanje z elementi ekspertnih sistemov in strojnega učenja. Njegova prednost je, da lahko z njim obravnavamo kvalitativne modele, namesto kvantitativnih, kjer so zastopane numerične spremenljivke. DEX uporablja kvalitativne spremenljivke, ki so ponavadi izražene z besedami, kot so "nizek", "primeren", "neprimeren"... kar omogoča prijazno in lažje odločanje, saj je znanje o odločanju izraženo preprosto in neposredno z besedami, pravili in hierarhično urejenimi kriteriji. Za predstavitev in vrednotenje funkcij koristnosti uporablja »če-potem« odločitvena pravila, kar je izvedeno na numerični način, z uporabo uteži ali podobnih kazalcev pomembnosti atributov (Bohanec & Rajkovič, 1999, str. 488; Rajkovič, 2001).

V zadnjem času je bil DEX pogosto uporabljen v realnih življenjskih situacijah za reševanje dejanskih problemov, z njegovo pomočjo pa bom v nadaljevanju predstavil izbiro najustreznejšega telekomunikacijskega sistema. Na praktičnem primeru bom uporabil teorijo, opisano v doslej obravnavanih poglavjih.

Kot nadgradnja DEX-a se lahko uporablja program VREDANA, ki služi za vrednotenje in analizo variant v večparametriških odločitvenih modelih, zgrajenih z lupino ekspertnega sistema DEX.

3.2.6 VREDANA

Osnovo predstavlja DEX, njegova baza znanja pa predstavlja vhodne podatke za program VREDANA, ki sam ni sposoben narediti lastne baze znanja. Njegova največja prednost je v transparentnosti vrednotenja variant in prikazu rezultatov vrednotenja, hkrati pa omogoča številne primerjave in analize variant. Glavne prednosti programa VREDANA so (Šet, Bohanec & Krisper, 1995, str. 157-160):

- programska neodvisnost od strojne opreme in preklap med delujočimi programi,
- razmeroma majhne zahteve po strojni opremi,
- enostavnost uporabe in jasnost prikazanih rezultatov,
- zmožnost obdelave kompleksnih odločitvenih problemov,
- kombinacija kvalitativnega in kvantitativnega vrednotenja variant,
- zmožnost različnih vrst dodajanja novih variant,
- zmožnost sprotnega vrednotenja variant,
- sposobnost spreminjanja baze znanja,
- povezava s sistemom DEX v obeh smereh in
- zmožnost obdelave več dreves parametrov.

Program pa ima tudi nekaj pomanjkljivosti (Šet, Bohanec & Krisper, 1995, str. 160):

- prikaz drevesa parametrov ne vsebuje prikaza funkcij koristnosti,
- ni možno spreminjati baze znanja v drevesu parametrov in njihovih zalog vrednosti ter funkcij koristnosti,
- postopek kvalitativnega in kvantitativnega vrednotenja je počasen,
- ni možna obdelava več funkcij koristnosti.

4 PREDLOG MODELA OCENJEVANJA

Kot že omenjeno, je naše podjetje ponudnik široke palete telekomunikacijske opreme in storitev, med katerimi so močno zastopani tudi radijski sistemi. Zastopani so praktično vsi ključni proizvajalci radijske opreme, ki pa se razlikuje po različnih kriterijih.

Uporaba radijskih sistemov na področju telekomunikacij se uveljavlja v čedalje večji meri in je smotrna tudi za širšo uporabo. Ima več prednosti pred klasično telekomunikacijsko infrastrukturo, ki v največji meri predstavlja kabelsko omrežje. Radijski sistem je mogoče implementirati veliko hitreje kot kabelsko omrežje, ni potrebe po velikem številu dovoljenj (kar spet pripomore k hitri izvedbi), odlikuje ga velika modularnost (sistem je z majhnimi stroški možno seliti z ene lokacije na drugo), hitro povračilo stroškov investicije itd.

Različni radijski sistemi lahko prenašajo tako govor kot podatke, nekateri med njimi pa oboje hkrati. Razlikujejo se po kapaciteti prenosa, kakovosti, zanesljivosti, modularnosti, dometu, številu priključenih strank, ceni, če naštejemo le nekaj lastnosti. V magistrskem delu obravnavam odločanje med štirimi različnimi radijskimi sistemi, ki se med seboj razlikujejo tudi po vrstah storitev, ki jih je z njimi moč nuditi. Vsi sistemi so visoko zmogljivi,

uporabljajo pa različne prenosne tehnike. Investitor želi nuditi oz. zagotavljati priključitev na njegovo telekomunikacijsko omrežje končnim uporabnikom, ki pa niso vnaprej točno znani. Zaradi tega mora biti nabor storitev in nabor vmesnikov čim večji.

Naše podjetje se mora torej odločiti, kateri radijski sistem je najprimernejši in zadostuje čim več željam in zahtevam investitorja.

4.1 IZGRADNJA ODLOČITVENEGA MODELA

V tem poglavju je podan opis odločitvenega modela, uporabljenega v procesu izbire najprimernejšega radijskega sistema.

4.1.1 Definicija problema in odločitvena skupina

Izbran telekomunikacijski (radijski) sistem mora imeti čim večjo kapaciteto prenosa, omogočati mora tako prenos podatkov kot govora, biti mora čim kakovostnejši, omogočati različne vmesnike in storitve, poleg tega pa mora biti kar najbolj združljiv z obstoječimi sistemi investitorja. Cena sicer je pomembna, vendar v tem primeru ni ključni dejavnik pri izbiri, kajti prednost imajo zgoraj naštetih lastnosti.

Pri tem koraku smo določili odločitveno skupino, ki ima ključno vlogo pri izbiri najustreznejše variante. Sestavljena je bila iz petih stalnih članov, sodelovalo pa je tudi več predstavnikov investitorja.

V skupini so sodelovali:

- vodja radijskega sektorja, ki obvladuje vse možne radijske sisteme tudi s tehničnega stališča,
- ekspert s področja radijskih komunikacij,
- vodja prodaje,
- oseba, ki je zadolžena za logistiko v smislu dobave opreme in odnosi z dobavitelji,
- direktor podjetja, ki ima jasno vizijo podjetja.

Kot vodjo odločitvene skupine smo določili vodjo radijskega sektorja, čeprav odločitev neposredno zadeva celotno podjetje. Poleg njega je bil vseeno v skupino vključen še ekspert s področja radijskih komunikacij, ki do potankosti obvladuje radijske sisteme in tehnologije. Prisoten je moral biti vodja prodaje, ker ima najboljši pregled nad tržno politiko podjetja in investitorja, direktor podjetja pa določa dolgoročne cilje in smernice poslovanja podjetja. Ta skupina je sodelovala tudi s predstavniki investitorja, in sicer s predstavnikom sektorja za investicije, z vodjo radijskega sektorja in še s strokovnjakom z operativnega področja. Z njimi je bilo potrebno uskladiti in točno določiti želje in potrebe investitorja glede lastnosti telekomunikacijskega sistema.

4.1.2 Drevesa kriterijev

Drevo kriterijev je zaradi preglednosti predstavljeno z več delnimi drevesi kriterijev, ki predstavljajo strukturo odločitvenega modela. Kriteriji so v drevesu predstavljeni z vozlišči, tiste v notranjih vozliščih drevesa imenujemo agregirani kriteriji in so odvisni od posameznih naslednikov v drevesu. Kriterije v listih drevesa pa imenujemo osnovni kriteriji. Posamezne

varianete opišemo z vrednostmi osnovnih kriterijev, na podlagi katerih se s funkcijo koristnosti izračunajo ostali kriteriji v drevesu.

Pri ocenjevanju konkretnega modela smo določili tri glavne kriterije: tehnične lastnosti, upravljanje in podpora ter stroški lastništva, kar je razvidno iz Slike 8. Vsi trije so sestavljeni oziroma agregirani kriteriji, njihove značilnosti pa so podane v nadaljevanju.

Slika 8: Hierarhično drevo TK sistem



4.1.3 Seznam kriterijev in njihova struktura

Drevo kriterijev predstavlja strukturo odločitvenega modela. V njem so razporejeni kriteriji glede na njihovo medsebojno odvisnost, saj so kriteriji na višjih ravneh odvisni od tistih na nižjih ravneh. Na najnižjih so osnovni kriteriji, ki so odvisni le od značilnosti posameznih variant.

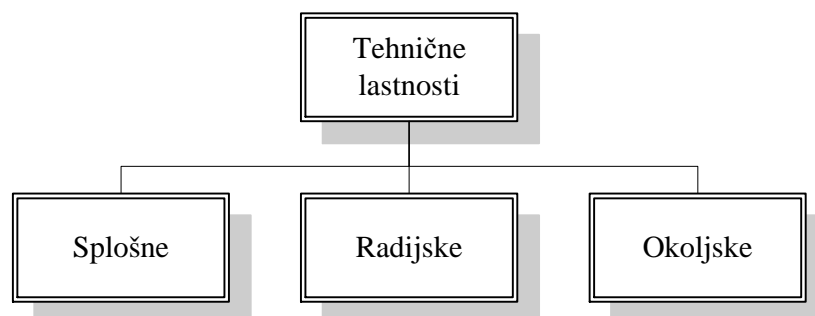
Dejavniki, ki vplivajo na izbiro najugodnejšega telekomunikacijskega sistema, so razvrščeni v drevo kriterijev. Podane so tudi funkcije koristnosti, ki so v celoti podane v Prilogi 2.

Celotni model vsebuje 60 kriterijev (atributov), od tega 40 osnovnih in 20 izpeljanih. Definirano je 20 funkcij koristnosti v štirih variantah.

4.1.3.1 Kriteriji v povezavi s tehničnimi lastnostmi sistema

Tehnične lastnosti sistema so sestavljene iz splošnih, radijskih in okoljskih tehničnih lastnosti, njihovo hierarhično drevo pa je prikazano na Sliki 9.

Slika 9: Hierarhično drevo Tehnične lastnosti

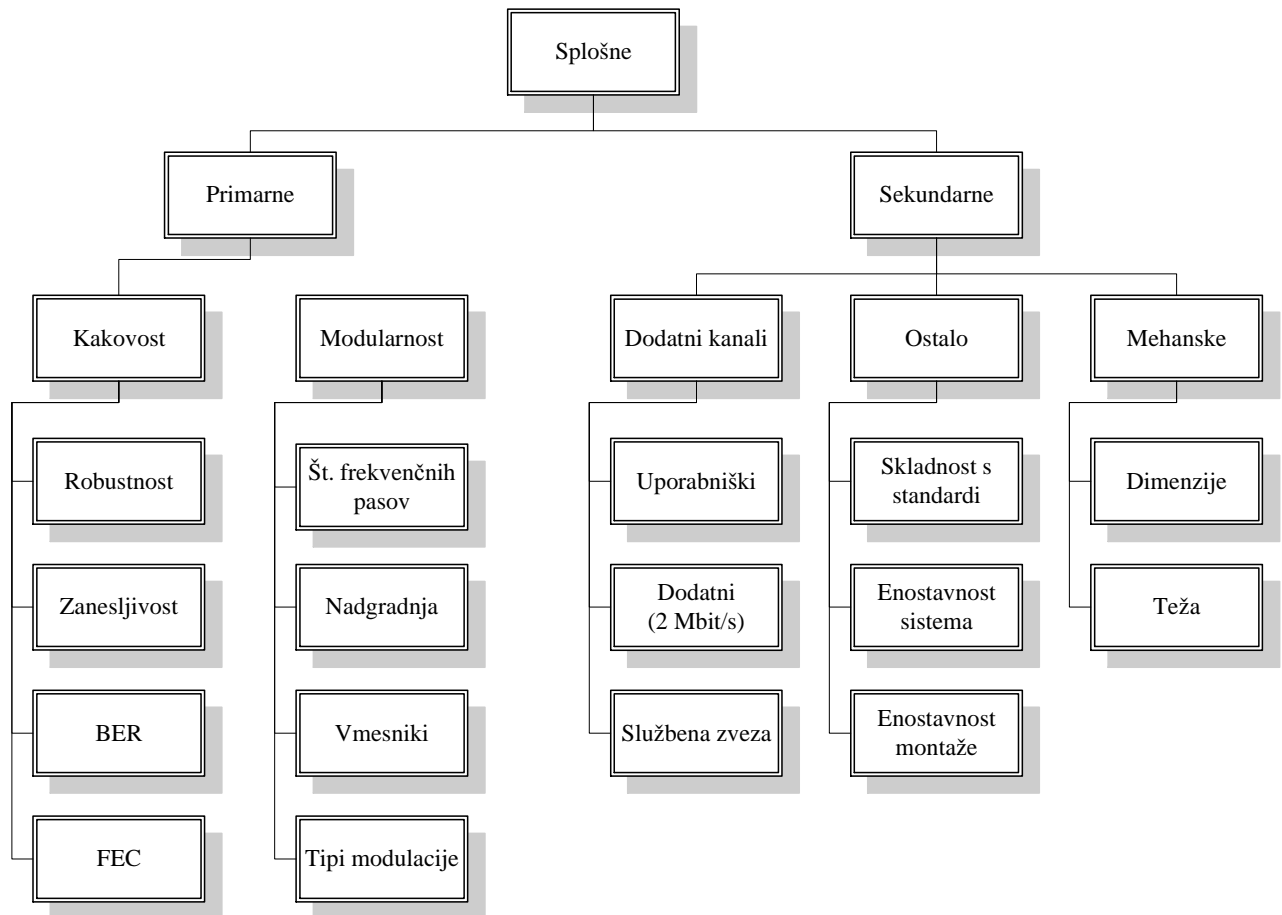


Seznam kriterijev v povezavi s tehničnimi lastnostmi sistema:

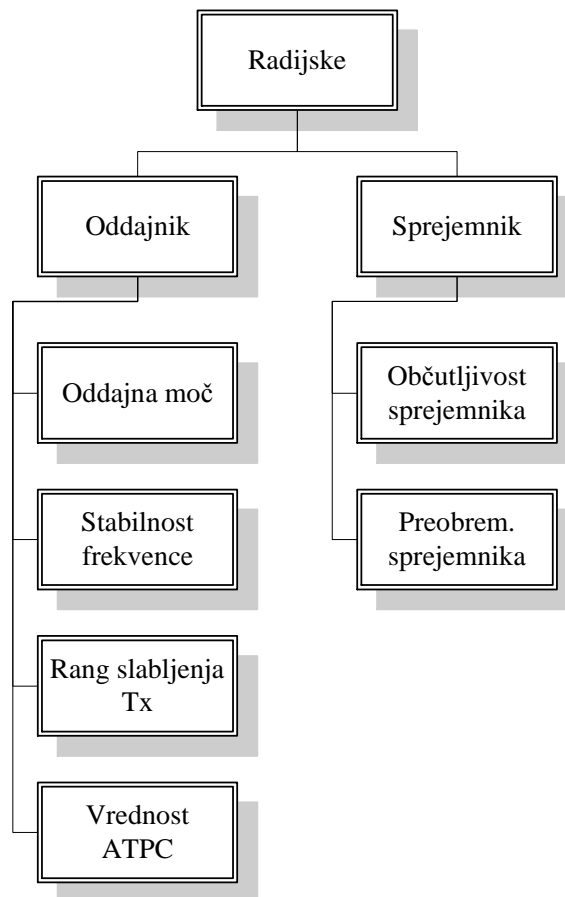
- **splošne** – splošne tehnične značilnosti TK sistema,
- primarne – bistvene splošne tehnične lastnosti sistema,
- kakovost – stopnja kakovosti sistema v smislu splošnih tehničnih lastnosti,
- robustnost – sposobnost delovanja s čim večjim povprečnim časom med napakama (angl. *MTBF – Mean Time Between Failures*),
- zanesljivost – odpornost sistema na motnje in udarce ter možnost konfiguracij z različnimi zaščitami,
- BER – sposobnost sistema za doseganje ugodne vrednosti deleža napačnih bitov (angl. *BER - Bit Error Rate*),
- FEC – sposobnost vnaprejšnjega odpravljanja napak (angl. *Forward Error Correction*),
- modularnost – modularnost sistema,
- število frekvenčnih pasov – možnost delovanja v različnih frekvenčnih pasovih,
- nadgradnja – možnosti in težavnost nadgradenj,
- vmesniki – število različnih vmesnikov in njihove kombinacije,
- tipi modulacije – možnosti različnih tipov modulacij,
- sekundarne – sekundarne splošne tehnične lastnosti TK sistema,
- dodatni kanali – možnosti dodatnega prenosa signalov poleg osnovnega kanala,
- uporabniški – možnost uporabe uporabniškega kanala,
- dodatni (2 Mbit/s) – možnost uporabe dodatnega kanala prenosne zmogljivosti 2 Mbit/s,
- službena zveza – možnost implementacije in kakovost službene zveze,
- ostalo – druge pomembne tehnične lastnosti sistema,
- skladnost s standardi – skladnost sistema z različnimi standardi,
- enostavnost sistema – zahtevnost sistema v smislu sestavnih delov in samega delovanja,
- enostavnost montaže – zahtevnost montaže sistema,
- mehanske – dimenzije in teža gradnikov sistema,
- dimenzije – mehanske dimenzije gradnikov sistema,
- teža – teža gradnikov sistema,
- **radijske** – tehnične karakteristike sistema v smislu radijskih lastnosti,
- oddajnik – lastnosti radijskega oddajnika sistema,
- oddajna moč – količina oddajne moči oddajnika,
- stabilnost frekvence – sposobnost vzdrževanja konstantne frekvence s čim manjšimi odstopanji,
- rang slabljenja Tx – območje slabljenja oddajnega signala,
- vrednost ATPC – sposobnost avtomatičnega krmiljenja oddajne moči (angl. *Automatic Transmit Power Control*),
- sprejemnik – lastnosti radijskega sprejemnika sistema,
- občutljivost sprejemnika – spodnji nivo sprejema signala, ko sistem še pravilno deluje,
- preobremenitev sprejemnika – zgornji nivo sprejema signala, ko sistem še pravilno deluje,
- **okoljske** – tehnične lastnosti sistema v smislu okoljskih karakteristik,
- vlaga – največja relativna vlaga, pri kateri sistem nemoteno deluje,
- temperaturno območje – razlika med najmanjšo in največjo temperaturo, pri kateri sistem nemoteno deluje,
- nadmorska višina – največja nadmorska višina, na kateri sistem nemoteno deluje.

Na Slikah 10, 11 in 12 so prikazana hierarhična drevesa splošnih, radijskih in okoljskih tehničnih lastnosti radijskega sistema.

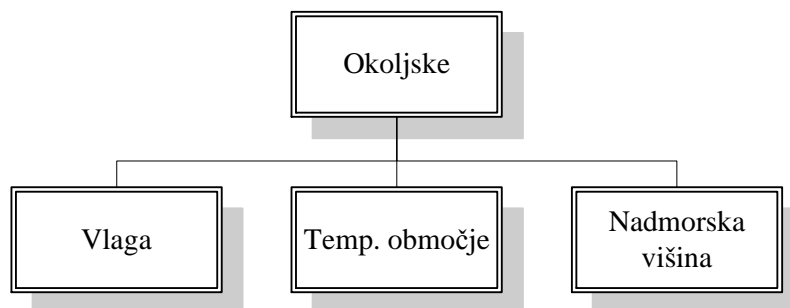
Slika 10: Hierarhično drevo Splošne tehnične lastnosti



Slika 11: Hierarhično drevo Radijske tehnične lastnosti



Slika 12: Hierarhično drevo Okoljske tehnične lastnosti



4.1.3.2 Kriteriji v povezavi z upravljanjem in podporo

Slika 13 prikazuje hierarhično drevo kriterija upravljanje in podpora, seznam kriterijev pa je sledeč:

- možnosti – možnosti sistema v smislu upravljanja in podpore,
- integracija – možnost integracije nadzornega sistema z drugimi nadzornimi sistemi,
- kaskadna topologija – možnost izvajanja kaskadnih topologij,
- zunanji alarmi – možnost priključitve zunanjih alarmov,

- softverska izbira kanala – možnost izbire frekvenčnega kanala znotraj določenega frekvenčnega območja ob pomoči softvera,
- monitoring – nadzorovanje, stalno opazovanje vseh aktivnosti omrežja,
- performance – kakovost spremljanja zmogljivosti sistema,
- sprejemni nivo – kakovost odčitavanja sprejemnega nivoja,
- lokalni nadzor – možnost in kakovost lokalnega nadzora sistema,
- konfiguracija – možnost konfiguracije nadzornega sistema,
- NMS vmesnik – primernost vmesnika za omrežni nadzorni sistem,
- lokalna in daljinska – možnost lokalne in daljinske konfiguracije sistema,
- združljivost z drugim NMS – zahtevnost združevanja nadzornega sistema z omrežnim nadzornim sistemom.

Slika 13: Hierarhično drevo Upravljanje in podpora



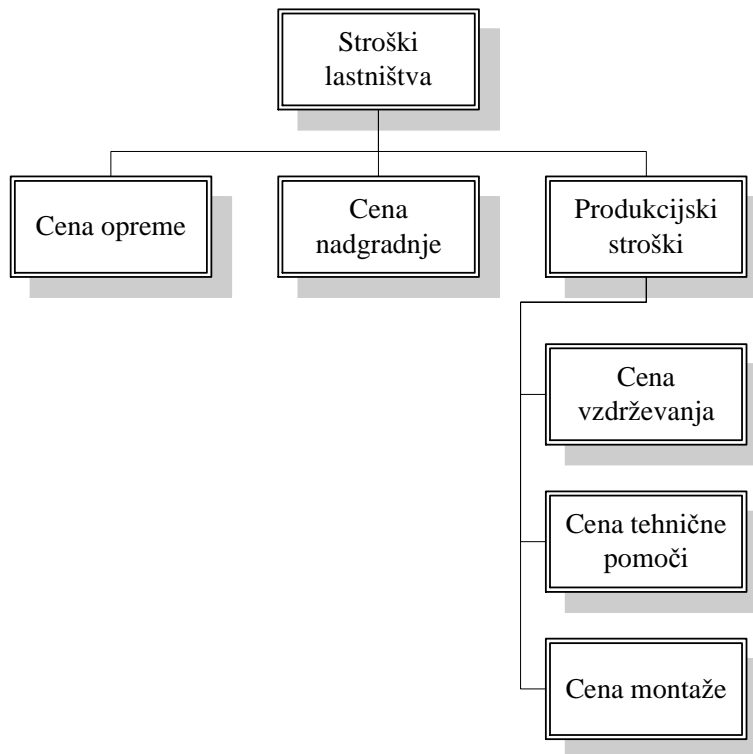
4.1.3.3 Kriteriji v povezavi s stroški lastništva

Slika 14 prikazuje hierarhično drevo kriterija stroški lastništva, seznam kriterijev pa je sledeč:

- cena opreme – cenovno ovrednotena nabavna vrednost opreme,
- cena nadgradnje – cenovno ovrednoteni stroški, povezani z morebitnimi nadgradnjami,
- produkcijski stroški – operativni stroški lastništva sistema,
- cena vzdrževanja – cenovno ovrednoteni stroški vzdrževanja sistema,

- cena tehnične pomoči – cenovno ovrednoteni stroški zunanje tehnične pomoči,
- cena montaže – cenovno ovrednoteni stroški, povezani z montažo sistema.

Slika 14: Hierarhično drevo Stroški lastništva



4.1.4 Opis kriterijev

4.1.4.1 Opis kriterijev v povezavi s tehničnimi lastnostmi sistema

Splošne tehnične lastnosti

Tehnične lastnosti sistema so razdeljene na splošne, radijske in okoljske. Splošne tehnične lastnosti sistema vsebujejo za razliko od ostalih dveh kriterijev, ki se nanašajo na tehnične lastnosti sistema v smislu ustreznega delovanja z upoštevanjem relevantnih kriterijev, kot so primarne in sekundarne splošne tehnične lastnosti.

Primarne tehnične lastnosti

To so bistvene tehnične lastnosti sistema, ki so odvisne predvsem od kakovosti in modularnosti.

Kakovost

Kakovost pomeni stopnjo kakovosti sistema v smislu splošnih tehničnih lastnosti. Sistem mora izpolnjevati osnovne zahteve po kakovosti za implementacijo v telekomunikacijsko omrežje operaterja, saj mora biti robusten, zanesljiv, imeti mora čim manjši povprečni čas med napakama, čim manjši delež napačnih bitov in vgrajen mehanizem za vnaprejšnje odpravljanje napak.

Robustnost

Robustnost pomeni sposobnost stabilnega delovanja s čim manj napakami in se izraža s faktorjem MTBF, ki pomeni povprečni (srednji) čas med napakama (angl. *MTBF – Mean Time Between Failures*). To je verjetni čas med zaporednima odpovedima in je merilo zanesljivosti opreme. Izračunamo ga tako, da delimo število odpovedi v danem časovnem intervalu s celotnim časom usposobljenosti opreme v časovnem intervalu. Vsaka komponenta sistema ima določen MTBF, ki mora biti čim večji in se izraža v urah. Skupni povprečni čas med napravama sistema pa se določi s povprečjem posameznih vrednosti povprečnih časov med napakama posameznih komponent sistema.

Zanesljivost

Zanesljivost predstavlja odpornost sistema na zunanje vplive, kot so motnje in udarci. Motnje, ki negativno vplivajo na sistem, so lahko ali motnje pri razširjanju radijskega signala ali motnje, ki jih povzročajo morebitni že obstoječi podobni sistemi. Motnje pri razširjanju radijskega signala so v večji meri odvisne od samih lokacij postavitve sistema in od vremenskih vplivov ter so enake za vse sisteme, od posameznega sistema pa je odvisno, kako reagira na njih. Ne glede na lokacijo postavitve sistema, mora biti sistem čim robustnejši, saj si investitor ne more privoščiti pogostih izpadov omrežja in s tem morebitne izgube svojih strank in poslov.

Pri zanesljivosti velja omeniti dejavnik, ki je sicer v veliki meri odvisen od zunanjih dejavnikov, kot so razdalja radijske trase, področje padavin v skladu s priporočili mednarodne telekomunikacijske unije (angl. *ITU - International Telecommunication Unit*) za posamezno področje. Poleg tega nanj vplivajo radijske karakteristike sistema, uporaba zaščitnih mehanizmov, pravilnost projektiranja zveze in upoštevanje zakonodaje. To je razpoložljivost, ki pove, kolikšen je izračunan odstotek časa v letu, ko radijska zveza pravilno deluje. Zahteva s strani investitorja je, da mora imeti vsaka radijska zveza v omrežju razpoložljivost najmanj 99,995 odstotkov časa.

V primerih, ko se zahteva večja razpoložljivost in kakovost zveze, je na razpolago več variant zaščite. Najbolj preprosta med njimi je konfiguracija s t. i. vročo rezervo (angl. *HSB – Hot Stand By*), pri kateri je zveza zaščitena proti izpadu zaradi okvare naprave. V tem primeru so vsi deli podvojeni. Dvojni anteni se lahko izognemo z uporabo delilnika moči ali z anteno z dvojno polarizacijo. Sistem s prostorsko raznolikim sprejemom (angl. *Space Diversity*) ali frekvenčno raznolikim sprejemom (angl. *Frequency Diversity*) uporabljamo takrat, ko je potrebna dodatna zaščita proti nenormalnim pogojem širjenja radijskih signalov (presihanje). V vseh primerih preklapljam med dvema sprejemnikoma brez izgube informacije.

Delež napačnih bitov (BER)

Delež napačnih bitov (stopnja bitne napake) sistema je razmerje števila bitov z napakami proti skupnem številu bitov v danem časovnem intervalu in se izraža v obliki 10 na negativno potenco. Na primer 10^{-6} pomeni, da je bil med 1000000 poslanimi biti en bit z napako. Ta faktor mora biti čim manjši, saj prevelik BER lahko povzroči nepravilno delovanje sistema. Pomemben podatek sistema je tako imenovani nepresihajoči (angl. *unfaded*) BER, ki pomeni hipotetično vrednost bitne napake v daljšem časovnem obdobju, v primeru brez zunanjih vplivov.

Vnaprejšnje odpravljanje napak (FEC)

Vnaprejšnje odpravljanje napak je metoda za zagotavljanje preverjanja napak pri prenosu podatkov, kjer oddajnik pošilja redundantne podatke in sprejemnik prepozna samo tiste podatke, ki ne vsebujejo napak. Zaželeno je, da ima sistem vgrajen ta mehanizem in da dobro deluje.

Modularnost

Modularnost sistema je tudi pomembna splošna tehnična lastnost, saj mora modularni sistem izpolnjevati zahteve po delovanju na čim večjem številu frekvenčnih pasov, podpirati mora možnost nadgrajevanja sistema, vsebovati različne vmesnike in podpirati več različnih tipov modulacij. Modularni sistem z omenjenimi lastnostmi je lažje umestiti v obstoječe omrežje, poleg tega pa omogoča večjo svobodo in fleksibilnost pri projektiranju omrežja. Kot modularnost razumemo tudi, da je omrežje možno enostavno in pregledno graditi glede na trenutne potrebe in kasneje nadgrajevati po potrebi s temu primernimi stroški.

Število frekvenčnih pasov

Sistem mora imeti možnost delovanja na čim več različnih frekvenčnih pasovih, saj na ta način dopušča operaterju veliko fleksibilnost in neodvisnost od zasedenosti frekvenčnega spektra na posameznih lokacijah. Zaželen je velik frekvenčni razpon, običajno so za mikrovalovne radijske zveze v uporabi frekvenčni pasovi od 4 do 38 GHz.

Nadgradnja

Nadgradnja se nanaša tako na strojno kot programsko opremo sistema. V smislu strojne opreme pomeni morebitno dodajanje elementov, vmesnikov ali drugih zunanjih delov s ciljem povečanja kapacitete, funkcionalnosti, dodajanja novih storitev. Tu je pomembna nadgradnja kapacitete prenosne poti, kjer osnovno predstavlja STM-1 (155 Mbit/s) prenosna hitrost in se označuje kot 1+0, nadgradnjo temu pa predstavljajo možnosti 2+0 in 4+0. Pomembna je nadgradnja na ravni celotnega omrežja, z upoštevanjem celovite rešitve in mora biti enostavna, s čim manjšimi stroški. Pri nadgradnji programske opreme pa je najpomembnejše, da je ta čim enostavnejša, hitra in po možnosti ne vpliva na delovanje sistema v času nadgrajevanja. Končni učinek pa naj bi bil izboljššan nadzor in popravki morebitnih računalniških hib.

Vmesniki

Sistem mora imeti čim večje število različnih fizičnih vmesnikov, tako v glavnem radijskem kanalu, kot tudi pri morebitnih dodatnih kanalih. Uporabljajo se optični vmesniki, ki so primerni za priključitev enorodovnih vlaken (angl. *single mode*) ali večrodovnih vlaken (angl. *multi mode*) in električni vmesniki. Zaželeno je, da je mogoče različne vmesnike tudi kombinirati na eni radijski napravi, saj se večkrat pojavlja potreba po zagotavljanju t. i. hibridnih storitev na eni lokaciji. Hibridno v tem primeru pomeni hkraten prenos signalov v časovnem multipleksu (angl. *TDM - Time Division Multiplexing*) in internetnem protokolu (angl. *IP - Internet Protocol*).

Tipi modulacije

Radijski telekomunikacijski sistemi lahko delujejo z različnimi tipi modulacij. Glede na tip modulacije se spreminja domet radijske zveze na določenem frekvenčnem pasu in prenosna hitrost. Zaželeno je, da sistem podpira čim več različnih tipov modulacij. Najpogosteje radijski sistemi uporabljajo 16 QAM, 64 QAM, 128 QAM in 256 QAM modulacije z različnimi širinami frekvenčnega kanala (ponavadi med 28 in 56 MHz), kjer številka pomeni število simbolov. QAM je oznaka za amplitudno fazno modulacijo (angl. *Quadrature Amplitude Modulation*), kjer z modulacijskim signalom spreminjamo fazo in amplitudo signala. To se izvede s kvadrturnim modulatorjem, tako da iz osnovnega niza simbolov tvorimo dva niza s polovično simbolno hitrostjo in dobimo dva signala v osnovnem pasu. To je spektralno najbolj učinkovit postopek (Tomažič, 2001, str. 7-8).

Sekundarne tehnične lastnosti

Sekundarne tehnične lastnosti so za razliko od primarnih tehničnih lastnosti sistema, drugotnega pomena, a kljub temu pomembne za delovanje. Sestavljajo jih: dodatni kanali, ostalo in mehanske karakteristike sistema.

Dodatni kanali

Dodatni kanali predstavljajo dodatno možnost prenosa signalov poleg že predvidenih osnovnih kanalov. Na ta način je mogoče povečati kapaciteto prenosa posamezne radijske povezave, ne da bi bil moten ali okrnjen prenos na osnovnem radijskem kanalu. Možni dodatni kanali so: uporabniški, dodatni (2 Mbit/s) in službena zveza. Sistem naj ima možnost dodajanja čim več dodatnih kanalov, saj so s tem omogočene dodatne zmogljivosti in funkcije sistema.

Uporabniški kanal

Uporabniški kanal predstavlja možnost dodatnega prenosa podatkov, ki jih lahko uporabnik prenaša poleg osnovnega kanala. Tipična hitrost prenosa je med 19,2 kbit/s in 64 kbit/s, običajno pa ta del ni modularen v smislu fizičnih vmesnikov. Uporablja se lahko za različne variante nadzora radijskih elementov, kjer se informacije za nadzor z oddaljene lokacije radijske zveze prenaša preko radijske zveze.

Dodatni (2 Mbit/s) kanal

Dodatni (2 Mbit/s) kanal omogoča dodatni prenos kapacitete 2 Mbit/s in mora podpirati čim več različnih vmesnikov z različnimi medsebojnimi kombinacijami. Primerna uporaba je na primer za prenos bajtov podatkovnega komunikacijskega kanala (angl. *DCC - Data Communication Channel*) pri »in-band« managementu. »In-band« management je način pri katerem nadzorni sistem pošilja nadzorne pakete preko istega omrežja, ki ga nadzoruje.

Službena zveza

Službena zveza omogoča pol-dupleksno (angl. *half-duplex*) komunikacijo med dvema lokacijama na radijski zvezi in se uporablja za avdio prenos v času testiranja in vzdrževanja. Običajna kapaciteta prenosa na službenem kanalu je do 64 kbit/s. Zaželeno je, da ima sistem implementirano službeno zvezo, ki kakovostno deluje, saj se izkaže za zelo koristno pri

komunikaciji med dvema lokacijama, še posebno v odročnih krajih, kjer je vprašljiva pokritost s signalom GSM.

Ostalo

Ostalo predstavljajo druge pomembne karakteristike sistema, kot so skladnost s standardi, zahtevnost oz. enostavnost sistema kot celote in zahtevnost montaže.

Skladnost s standardi

Skladnost s standardi ni zanemarljiva zahteva, saj mora biti sistem skladen s trenutno veljavno zakonodajo in imeti vso potrebno dokumentacijo. Sistem naj ima čim boljše rezultate testiranj akreditiranih laboratorijev, ki so običajno razvidne iz različnih poročil o testiranjih (angl. *Test reports*).

Enostavnost sistema

Enostavnost sistema pomeni zahtevnost sistema v smislu sestavnih delov in samega delovanja, kar vodi k zahtevi po čim bolj transparentni sestavi in enostavnem delovanju. Čeprav so vsi sistemi, ki pridejo v poštev pri izbiri, sestavljeni na podoben način, so pomembne malenkosti, ki pripomorejo k večji enostavnosti sistema. Sistem, ki je predmet izbora, mora imeti tako imenovano »split mount« konfiguracijo, kar pomeni, da je na vsaki lokaciji sestavljen iz dveh delov: notranje in zunanje enote. Notranja enota je praviloma postavljena v telekomunikacijskem prostoru, zunanja pa zunaj na drogu ali antenskem stolpu in je povezana z anteno.

Enostavnost montaže

Enostavnost montaže pove, kako zahtevna je montaža sistema, ki mora biti čim enostavnejša. Deloma je montaža odvisna tudi od posamezne lokacije in specifičnih tehničnih zahtev.

Mehanske

Mehanske tehnične lastnosti predstavljajo dimenzije in teža gradnikov sistema, ki naj bodo čim manjše.

Dimenzije

Dimenzije so mehanske dimenzije gradnikov sistema in naj bodo čim manjše. To velja tako za zunanjo enoto, kot za notranjo, velikost antene pa ni predmet tega kriterija, saj je lahko različna za različne lokacije in odvisna od dolžine trase in radijskih lastnosti sistema.

Teža

Teža je teža gradnikov sistema in naj bo čim manjša tako za zunanjo, kot notranjo enoto. Zelo primerno je, da je zunanja enota čim lažja, saj poleg antene predstavlja opremo, ki je nameščena na antenskih konstrukcijah, te pa morajo biti pravilno dimenzionirane glede na obremenitve.

Radijske tehnične lastnosti

Radijske tehnične karakteristike sistema se nanašajo na radijske lastnosti in so razdeljene na oddajnik ter sprejemnik.

Oddajnik

Kriterij oddajnik je odvisen od lastnosti radijskega oddajnika sistema, kot so oddajna moč, stabilnost frekvence, rang slabljenja Tx in vrednost ATPC.

Oddajna moč

Oddajna moč pomeni količino oddajne moči oddajnika. Oddajnik je naprava, ki ustvari radiofrekvenčni signal, ga opremi z informacijo, ojači in nato pošlje v anteno, kjer se izseva v prostor. Oddajna moč naj bo čim večja, vendar še znotraj dopustnih mej. Odvisna je od frekvence delovanja radijske naprave, saj se z višanjem frekvence oddajna moč manjša. Običajno je izražena v decibelih glede na mili Watt (dBm) ali kar v Wattih (W).

Stabilnost frekvence

Stabilnost frekvence je stopnja odstopanja frekvence oscilatorja od srednje frekvence v določenem časovnem obdobju. Sistem naj bo sposoben vzdrževanja konstantne frekvence, s čim manjšimi odstopanji.

Rang slabljenja Tx

Rang slabljenja Tx pomeni območje slabljenja oddajnega signala, izraženo v decibelih in naj bo čim večje.

Vrednost ATPC

ATPC pomeni sposobnost avtomatskega krmiljenja oddajne moči, kar je posebno primerno na lokacijah z velikim številom radijskih naprav, saj optimizira delovanje sistema. Sistem naj torej podpira to možnost in ima čim večji razpon, ki se meri v decibelih.

Sprejemnik

Kriterij sprejemnik je odvisen od lastnosti radijskega sprejemnika sistema, najpomembnejši med njimi sta občutljivost in preobremenitev sprejemnika.

Občutljivost sprejemnika

Občutljivost sprejemnika je spodnji nivo sprejema signala, ko sistem še pravilno deluje oz. nam pove, kako močan mora biti radio frekvenčni signal na vhodu sprejemnika, da bo na izhodu določeno razmerje signal-šum. Sistem naj ima čim občutljivejši sprejemnik, vrednost pa je izražena v decibelih.

Preobremenitev sprejemnika

Preobremenitev sprejemnika je zgornji nivo sprejema signala, ko sistem še pravilno deluje.

Preobremenitev nastopi, ko se na vhodu sprejemnika pojavi izredno močan radio frekvenčni signal, ki spravi v nasičenje eno ali več njegovih stopenj. Ta vrednost je izražena v decibelih in naj bo za sistem čim višja.

Okoljske

Okoljske karakteristike so tehnične lastnosti sistema, ki so odvisne od zunanjih vplivov, kot so relativna vlaga, temperatura in nadmorska višina postavitve sistema. Podane so različne vrednosti za notranji in zunanji del radijske naprave, saj je notranja enota tipično postavljena v zaprtem prostoru, namenjenem telekomunikacijski opremi, zunanja pa je pri anteni, se pravi izpostavljena neposrednim atmosferskim vplivom.

Vlaga

Vlaga je največja relativna vlaga, pri kateri sistem nemoteno deluje. Za zunanjo enoto je zaželeno delovanje v vseh vremenskih pogojih, se pravi od 0 do 100 % relativne vlage. Relativna vlažnost nam pove, koliko vodne pare lahko medij pri določeni temperaturi še sprejme in je pri plinih izražena kot odstotek koncentracije vodne pare v plinu proti nasičenemu plinu pri isti temperaturi in tlaku.

Temperaturno območje

Temperaturno območje je razlika med najmanjšo in največjo temperaturo, pri kateri sistem nemoteno deluje. Sistem naj ima čim večji razpon, tako za notranjo, kot zunanjo enoto sistema, saj so temperature v Sloveniji lahko zelo nizke oz. visoke, še posebej na izpostavljenih, višje ležečih lokacijah.

Nadmorska višina

Nadmorska višina je največja nadmorska višina, na kateri sistem nemoteno deluje. Sistem naj ima čim višjo, vendar pa nadmorska višina v Sloveniji ni tako visoka, da bi ta dejavnik odločilneje vplival na izbiro sistema, saj podobni sistemi večinoma delujejo brez problemov na višinah do 2000 metrov nad morjem.

4.1.4.2 Opis kriterijev v povezavi z upravljanjem in podporo

Možnosti

Možnosti predstavljajo različne možnosti upravljanja in podpore, kot so integracija, kaskadna topologija, zunanji alarmi in možnost softverske izbire kanala.

Integracija

Integracija predstavlja možnost integracije nadzornega sistema z drugimi nadzornimi sistemi. Investitor ima že obstoječo telekomunikacijsko infrastrukturo, ki se nadzoruje z več nadzornimi sistemi. Novi sistem naj ima torej možnost čim enostavnejše integracije nadzornega sistema v že obstoječ nadzorni sistem, kar pripomore k preglednejšemu nadzoru. Nadzorni sistem naj omogoča delovanje tako na Windows kot na UNIX platformi.

Kaskadna topologija

S kaskadno topologijo je mišljeno, da je mogoče več radijskih zvez implementirati zaporedno, kljub temu pa mora biti omogočen nadzor sistema. To je običajno omogočeno ob pomoči t. i. »in-band« managementa in internega usmerjanja, kar pomeni, da nadzorni sistem pošilja nadzorne pakete preko istega omrežja, ki ga nadzoruje in pri tem ne zaseda kanala s koristno informacijo. Kot alternativa obstaja »out-of-band« management, kjer nadzorni sistem uporablja drugo omrežje za komunikacijo z elementi sistema za uporabnika.

Zunanji alarmi

Sistem naj ima možnost priključitve zunanjih alarmov, ki so tipično v obliki »lebdečih« kontaktov in omogočajo javljanje motenj radijski enoti s strani drugih naprav ali pa s strani radijske enote drugim napravam. Zato je predvidenih nekaj kontaktov za vhodne in nekaj za izhodne alarme, na nadzornem sistemu pa je mogoče nastavljanje nekaj osnovnih parametrov s tem v zvezi. Na ta način je možen nadzor določenih zunanjih dejavnikov, ki bi morebiti vplivali na delovanje samega sistema.

Softverska izbira kanala

Softverska izbira kanala pomeni možnost izbire frekvenčnega kanala znotraj določenega frekvenčnega območja ob pomoči programske opreme oz. nadzornega sistema. Sistem naj ima to opcijo in po možnosti omogoča softversko spreminjanje frekvence znotraj čim večjega frekvenčnega območja.

Monitoring

Monitoring označuje spremljanje delovanja sistema in mora biti enostaven, kakovosten ter uporabniku prijazen, z grafičnim vmesnikom. Na vrednost tega kriterija vplivajo kriteriji performance, sprejemni nivo in lokalni nadzor.

Performance

Nadzorovanje zmogljivosti (angl. *Performance monitoring*) pomeni spremljanje delovanja sistema z nadzornim sistemom, zato naj ta omogoča čim natančnejše spremljanje s čim več opazovanimi parametri. Omogočeno naj bo ločeno spremljanje parametrov na radijski trasi in na vmesniški strani, od radijske enote proti zunanjim napravam.

Nujni parametri, ki jih mora nadzorni sistem beležiti, so:

- vrednosti sprejemnega nivoja signala,
- vrednosti oddajnega signala,
- parametri sinhronne digitalne hierarhije (angl. *SDH – Synchronous Digital Hierarchy*) na radijski zvezi, kot so sekundna napaka (angl. *ES - Errored Second*), sekunda z veliko gostoto napak (angl. *SES - Severely Errored Second*), nerazpoložljiva sekunda (angl. *UAS - Unavailable Second*), osnovna blokovna napaka (angl. *BBE - Background Block Error*),
- SDH parametri na linijski strani, kot so sekundne napake, sekunde z veliko gostoto napak, nerazpoložljive sekunde in osnovne blokovne napake,
- izpis alarmnih stanj (angl. *alarm log file*).

Pomemben je izpis alarmnih stanj, ki mora biti enoumen, pravilen in mora podajati čim več koristnih informacij o dogajanjih na sistemu in v samem mediju – na radijski trasi. Kakovost izpisa alarmnih stanj pride še posebno do izraza v primeru morebitnih problemov, okvar sistema ali zunanjih radijskih motenj. Enako velja tudi za ostale parametre, ki tudi služijo v pomoč pri spremljanju pravilnega delovanja sistema.

Sprejemni nivo

Nadzorni sistem naj omogoča kakovostno in točno odčitavanje sprejemnega nivoja, ki je prav tako zelo pomemben dejavnik pri vzdrževanju oz. ugotavljanju morebitnih napak. Običajno imajo sistemi več variant odčitavanja sprejemnega nivoja, poleg odčitavanja na nadzornem sistemu v sklopu performance monitoringa še odčitavanje na zunanji in notranji enoti ob pomoči merilnega inštrumenta. To je v veliko pomoč in hkrati nujno potrebno pri umerjanju radijske zveze na največji sprejemni nivo. Čeprav se odčitavanje na nadzornem sistemu uporablja pri samem rednem nadzoru sistema, je prav tako v korist pri zagonu oz. umerjanju radijske povezave, saj predstavlja natančnejši odčitek kot drugi dve varianti.

Lokalni nadzor

Sistem mora imeti možnost lokalnega nadzora, ki naj bo čim enostavnejši, preglednejši in učinkovit. Poleg priklopa na sistem preko serijskega vmesnika je zaželen tudi lokalni pristop preko nadzornega sistema. To je mogoče, če ima sistem vmesnik Ethernet na notranji enoti in obstaja IP povezljivost. Prednost je tudi, če sistem omogoča pregled celotnega omrežja preko nadzornega sistema priključenega lokalno na katerokoli napravo, saj je na ta način omogočen nadzor vseh elementov v omrežju praktično iz katerekoli lokacije z radijsko napravo v omrežju.

Konfiguracija

Pri konfiguraciji sistema je mišljena predvsem njena zahtevnost oz. enostavnost in fleksibilnost. Na ta kriterij vplivajo vmesnik za omrežni nadzorni sistem (angl. *NMS - Network Management System*), možnost lokalne in daljinske konfiguracije ter združljivost z drugimi nadzornimi sistemi.

NMS vmesnik

Pri NMS vmesniku sistema so pomembne tako fizične lastnosti vmesnika kot tudi tip in protokol, ki ga nadzorni sistem podpira. Zaželeno je, da ima sistem poleg serijskega (RS-232) še vmesnik Ethernet (10 Base-T) in vgrajen dostopovni vozal (angl. *hub*) ali stikalo (angl. *switch*), kot protokol pa naj podpira preprosti protokol za upravljanje omrežja (angl. *SNMP - Simple Network Management Protocol*), saj je na ta način omogočena lažja integracija s krovnimi nadzornimi sistemi.

Lokalna in daljinska

Sistem mora imeti možnost lokalne in daljinske konfiguracije, ki mora biti čim enostavnejša ter mora omogočati konfiguracijo sistema tako s komunikacijskim softverom kot je Hyper terminal, kot tudi z nadzornim sistemom. Oba načina konfiguracije naj omogočata tudi softverske nadgradnje sistema in nalaganje (angl. *download*) konfiguracije.

Združljivost z drugim NMS

Zaželeno je, da je nadzorni sistem možno združiti z omrežnim nadzornim sistemom oz. ga integrirati v krovni nadzorni sistem, kot sta HP Open View in SNMPC. To najbolje omogoča preprosti protokol za upravljanje omrežja (SNMP), ki deluje tako, da upravljalne informacije o napravah v omrežju zbira agent SNMP v sami napravi in jih zabeleži v bazi upravljalnih informacij (angl. *MIB - Management Information Base*), ki je dejansko shematično skladišče upravljalnih informacij v upravljalnem sistemu, saj ne vsebuje podatkov, temveč le definicije, do katerih podatkov je možen dostop. SNMP je protokol aplikacijskega sloja, ki podpira izmenjavo upravljalnih informacij med upravnikom in agenti v omrežju.

4.1.4.3 Opis kriterijev v povezavi s stroški lastništva

Cena opreme

Cena opreme predstavlja stroške v zvezi z nabavo sistema in mora biti čim nižja. Natančno mora biti specificirano, kaj je zajeto v stroških opreme in kaj ta oprema omogoča v začetni konfiguraciji. Predvideti je potrebno tudi morebitne kasnejše nakupe opreme, kjer morajo biti jasno določeni stroški.

Cena nadgradnje

V ceni nadgradnje so cenovno ovrednoteni stroški, povezani z morebitnimi nadgradnjami tako strojne, kot programske opreme, oz. mora biti točno specificirano koliko stroškov se predvideva v ta namen v prihodnjem obdobju petih let in katere komponente je potrebno dodati oz. zamenjati. Tu mora biti razvidno ali nadgradnja morebiti pomeni tudi kakšne dodatne nepredvidene stroške, ki se ne nanašajo neposredno na sistem. Tesno je povezana s ceno opreme, saj kombinacija obeh prikaže dejansko skupno oceno stroškov opreme po določenem časovnem obdobju, kar da na koncu s produkcijskimi stroški končno ceno sistema.

Produkcijski stroški

Produkcijski stroški predstavljajo operativne stroške lastništva sistema in se delijo na ceno vzdrževanja, ceno tehnične pomoči in ceno montaže. Produkcijski stroški morajo biti čim nižji in ovrednoteni na letni ravni.

Cena vzdrževanja

Cena vzdrževanja pomeni cenovno ovrednotene stroške vzdrževanja sistema in je pomemben dejavnik produkcijskih stroškov, saj velik del skupnih stroškov poleg nabavne vrednosti sistema odpade ravno na stroške vzdrževanja. Ti so med drugim odvisni tudi od že obstoječih dejavnosti in servisnih oddelkov znotraj podjetja investitorja oz. njegove notranje organizacije. Če se podjetje investitorja že ukvarja s telekomunikacijskimi napravami in ima podobne že v lasti, ki jih samo vzdržuje, je lažje vzdrževati še en podoben sistem, saj je pripravljen že večji del infrastrukture in kadrov.

Cena tehnične pomoči

Cena tehnične pomoči se nanaša na cenovno ovrednotene stroške zunanje tehnične pomoči, ki jih ponuja bodisi podjetje, ki predstavlja dobavitelja v Sloveniji bodisi dobavitelj sam, oz. kombinacija obeh. Določen del stroškov lahko predstavlja vzdrževalna pogodba, ki se podpisuje med investitorjem in zastopnikom dobavitelja, kjer so vsebovane različne ravni podpore, odvisno od zahtev in potreb investitorja ter odzivni časi, oprema na skladišču in podobno.

Cena montaže

Cena montaže pomeni cenovno ovrednotene stroške, povezane z montažo sistema. Montaža radijskega sistema je lahko zahtevna, saj del radijske opreme predstavljajo antene, ki so lahko velikih dimenzij in jih je potrebno implementirati na težko dostopnih mestih. Sama težavnost montaže je deloma odvisna od dostopnosti lokacij z radijsko opremo in deloma od same zgradbe sistema.

4.1.5 Zaloge vrednosti kriterijev

V modelu ocenjevanja smo za kriterije določili zaloge vrednosti, ki so prikazane na Sliki 15.

Slika 15: Predlagane zaloge vrednosti kriterijev

Zaloge vrednosti

Kriterij	Zaloga vrednosti
TK SISTEM	neustrezen ; delno ustrezen; <i>ustrezen; zelo ustrezen</i>
Tehnične lastnosti	zelo slabe ; slabe; dobre; <i>odlične</i>
Splošne	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Primarne	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Kvaliteta	slaba ; srednja; <i>dobra</i>
Robustnost	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Zanesljivost	majhna ; srednja; <i>velika</i>
BER	velik ; srednji; <i>majhen</i>
FEC	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Modularnost	slaba ; dobra; <i>zelo dobra</i>
Št. frekvenčnih pasov	majhno ; srednje; <i>veliko</i>
Nadgradnja	zahtevna ; srednja; <i>enostavna</i>
Vmesniki	malo ; srednje; <i>veliko</i>
Tipi modulacije	malo ; srednje; <i>veliko</i>
Sekundarne	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Dodatni kanali	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Uporabniški	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Dodatni (2 Mbit/s)	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Službena zveza	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Ostalo	slabo ; srednje; <i>dobro</i>
Skladnost s standardi	nezadovoljiva ; zadovoljiva; <i>zelo dobra</i>
Enostavnost sistema	zahtevna ; srednja; <i>enostavna</i>
Enostavnost montaže	zahtevna ; srednja; <i>enostavna</i>
Mehanske	slabe ; srednje; <i>dobre</i>
Dimenzije	velike ; srednje; <i>majhne</i>
Teža	velika ; srednja; <i>majhna</i>
Radijske	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Oddajnik	slab ; dober; <i>odličen</i>
Oddajna moč	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Stabilnost frekvence	nesprejemljiva ; sprejemljiva; <i>zelo dobra</i>
Rang slabljenja Tx	slab ; sprejemljiv; <i>zelo dober</i>
Vrednost ATPC	slaba ; srednja; <i>dobra</i>
Sprejemnik	slab ; dober; <i>odličen</i>
Občutljivost	slaba ; srednja; <i>dobra</i>
Preobremenitev	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Okoljske	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Vlaga	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Temperaturno območje	majhno ; srednje; <i>veliko</i>
Nadmorska višina	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Upravljanje in podpora	zelo slabo ; slabo; dobro; <i>odlično</i>
Možnosti	neugodne ; ugodne; <i>zelo ugodne</i>
Integracija	ni mogoča ; pogojno mogoča; <i>je mogoča</i>
Kaskadna topologija	ni mogoča ; pogojno mogoča; <i>je mogoča</i>
Zunanji alarmi	nima ; v manjši meri; <i>v večji meri</i>
SW izbira kanala	ni mogoča ; pogojno mogoča; <i>je mogoča</i>
Monitoring	slab ; dober; <i>odličen</i>
Performance	slab ; dober; <i>odličen</i>
Sprejemni nivo	slab ; dober; <i>odličen</i>
Lokalni nadzor	slab ; dober; <i>odličen</i>
Konfiguracija	neugodna ; ugodna; <i>zelo ugodna</i>
NMS vmesnik	neugoden ; ugoden; <i>zelo ugoden</i>
Lokalna in daljinska	ni mogoča ; delno mogoča; <i>mogoča v celoti</i>
Združljivost z NMS	nemogoča ; zahtevna; <i>enostavna</i>
Stroški lastništva	visoki ; srednji; <i>nizki</i>
Cena opreme	visoka ; srednja; <i>nizka</i>
Cena nadgradnje	visoka ; srednja; <i>nizka</i>
Produkcijski stroški	visoki ; srednji; <i>nizki</i>
Vzdrževanje	visoka ; srednja; <i>nizka</i>
Tehnična pomoč	visoka ; srednja; <i>nizka</i>
Montaža	visoka ; srednja; <i>nizka</i>

4.1.6 Funkcije koristnosti

Določili smo funkcije koristnosti za vse kriterije, ki opredeljujejo vpliv nižjenivojskih kriterijev na višjenivojske, vse do korena drevesa, ki predstavlja končno oceno variant. V

nadaljevanju podajam opis funkcij koristnosti posameznih izpeljanih atributov, več pa je razvidno iz DEXi-jevega poročila v Prilogi 2.

4.1.6.1 Funkcije koristnosti v povezavi s tehničnimi lastnostmi sistema

Tehnične lastnosti sistema

Na tehnične lastnosti sistema najbolj vplivajo splošne in radijske karakteristike sistema. Če so nezadovoljive, so tudi tehnične lastnosti sistema nezadovoljive oz. zelo slabe, ne glede na vrednost okoljskih lastnosti. Tehnične lastnosti so odlične v primeru, ko so splošne in radijske lastnosti odlične in okoljske vsaj dobre.

Splošne tehnične lastnosti

Splošne tehnične lastnosti sistema so nezadovoljive, ko so primarne tehnične lastnosti nezadovoljive in sekundarne tehnične lastnosti nezadovoljive ali dobre. V kolikor so primarne tehnične lastnosti odlične so tudi splošne tehnične lastnosti odlične, razen v primeru, ko so sekundarne tehnične lastnosti nezadovoljive.

Primarne tehnične lastnosti

Primarne tehnične lastnosti so ocenjene kot slabe oz. nezadovoljive, če je kakovost ocenjena kot slaba in modularnost slaba ali dobra. Le v primeru, ko sta kakovost in modularnost ocenjeni najbolje, so primarne tehnične lastnosti ocenjene kot odlične oz. imajo najboljšo vrednost. V vseh ostalih primerih so ocenjene s srednjo vrednostjo.

Kakovost

Kriterij kakovost je odvisen od štirih osnovnih kriterijev, ki so robustnost, zanesljivost, BER in FEC. Kriterija, ki najpomembneje vplivata na kakovost, sta robustnost in zanesljivost, po pomembnosti sta enakovredna in s podobno težo vplivata na končno oceno kakovosti, za odtenek manj pomemben, vendar ne nepomemben, je le kriterij FEC.

Če sta kriterija robustnost in zanesljivost slabo ocenjena je tudi kriterij kakovost slabo ocenjen, razen v primerih, ko sta kriterija BER in FEC ocenjena najbolje. V primeru ko sta kriterija robustnost in zanesljivost ocenjena najbolje, je tudi vrednost kriterija kakovost ocenjena najbolje, razen v primeru, ko je vsaj eden od ostalih dveh kriterijev ocenjen najslabše.

Modularnost

Če sta kriterij nadgradnja in kriterij vmesniki slabo ocenjena je tudi kriterij modularnost slabo ocenjen, razen v primerih ko sta kriterija št. frekvenčnih pasov in tipi modulacije ocenjena najbolje. V primeru, ko sta nadgradnja in vmesniki ocenjena najbolje, je tudi vrednost kriterija modularnost ocenjena najbolje, razen v primeru, ko sta ostala dva kriterija ocenjena najslabše. Če pa sta ocenjena s srednjo vrednostjo, je ne glede na vrednost ostalih dveh kriterijev modularnost ocenjena kot dobra oz. s srednjo vrednostjo. Kriterija nadgradnja in vmesniki torej bolj vplivata na končno oceno kriterija modularnost, kot druga dva, in sicer z enako pomembnostjo.

Sekundarne tehnične lastnosti

Sekundarne tehnične lastnosti sistema so nezadovoljive v primeru, ko sta kriterija dodatni kanali in ostalo ocenjena slabo oz. nezadovoljivo in mehanske karakteristike slabe ali srednje. Odlične pa so v primeru, ko sta kriterija ostalo in dodatni kanali ocenjena najbolje, neodvisno od vrednosti mehanskih karakteristik.

Dodatni kanali

Kriterija, ki najbolj vplivata na končno oceno kriterija dodatni kanali, sta službena zveza in dodatni (2Mbit/s) kanal, medtem ko uporabniški po pomembnosti malo zaostaja. Kadar sta dodatni (2Mbit/s) in službena zveza nezadovoljiva, je tudi kriterij dodatni kanali nezadovoljiv, razen ko kriterij uporabniški zavzema najboljšo vrednost. V primeru, ko je dodatni (2Mbit/s) kanal ocenjen odlično in službena zveza vsaj zadovoljivo, je ne glede na vrednost kriterija uporabniški, kriterij dodatni kanali ocenjen odlično.

Ostalo

Kriterija, ki najbolj vplivata na končno oceno kriterija ostalo, sta enostavnost sistema in enostavnost montaže, medtem ko skladnost s standardi po pomembnosti malo zaostaja. Kadar sta enostavnost sistema in enostavnost montaže zahtevna (najslabša vrednost kriterija), je tudi kriterij ostalo ocenjen kot slabo, razen ko kriterij skladnost s standardi zavzema najboljšo vrednost. V primeru, ko je enostavnost sistema ocenjena kot enostavna in enostavnost montaže vsaj srednje enostavna, je ne glede na vrednost kriterija skladnost s standardi, kriterij ostalo ocenjen dobro.

Mehanske

Mehanske tehnične lastnosti sistema so dobre, če je teža majhna in dimenzije majhne ali srednje in če so dimenzije majhne in teža srednja. Če je teža velika in dimenzije velike ali srednje in če so dimenzije velike in teža srednja, mehanske karakteristike sistema niso primerne.

Radijske tehnične lastnosti

Radijske tehnične lastnosti so nezadovoljive v kolikor je vsaj eden od kriterijev slab, razen v primeru, ko je drugi kriterij ocenjen z najvišjo oceno. Radijske tehnične lastnosti so odlične v primeru, ko je vsaj eden od kriterijev najvišje ocenjen ob pogoju, da drugi nima najslabše ocene.

Oddajnik

Pri ocenjevanju oddajnika imajo približno enako vlogo vsi štirje kriteriji, le da malenkostno bolj vpliva oddajna moč, malo manj pa rang slabljenja Tx. Oddajnik je slab, ko sta oddajna moč in stabilnost frekvence najslabše ocenjena, neodvisno od ranga slabljenja Tx, le da je vrednost ATPC slaba ali srednja. Oddajnik pa je odličen, ko sta vsaj dva kriterija najbolje ocenjena in nobeden od ostalih dveh kriterijev ne zavzema najslabše vrednosti.

Sprejemnik

Pri ocenjevanju sprejemnika enakovredno vplivata oba kriterija, občutljivost in preobremenitev sprejemnika. Sprejemnik je neprimeren, če je občutljivost sprejemnika slaba in ima preobremenitev sprejemnika majhno ali srednjo vrednost ter ko je preobremenitev sprejemnika majhna in je občutljivost sprejemnika slaba ali srednja. Najvišjo oceno sprejemnika dobimo v primeru, ko je vsaj eden od kriterijev najvišje ocenjen ob pogoju, da drugi nima najslabše ocene.

Okoljske

Okoljske tehnične lastnosti so odlične, če ima sistem veliko temperaturno območje in je sposoben delovati pri veliki relativni vlažnosti, ne glede na nadmorsko višino. Prav tako so okoljske tehnične lastnosti odlične, če ima sistem veliko temperaturno območje in sta vlaga ter nadmorska višina vsaj srednje veliki. Nezadovoljive okoljske tehnične lastnosti so v primeru, ko je temperaturno območje majhno in sta vlaga ter nadmorska višina majhni ali srednje veliki. Prav tako je kriterij okoljske nezadovoljiv, če sta vlaga in nadmorska višina majhni, ob predpostavki, da temperaturno območje ni veliko.

4.1.6.2 Funkcije koristnosti v povezavi z upravljanjem in podporo

Upravljanje in podpora

Upravljanje in podpora sta odlična, kadar ima sistem odličen monitoring, zelo ugodno konfiguracijo nadzornega sistema in ugodne ali zelo ugodne možnosti v smislu podpore in upravljanja. Zelo slabo upravljanje in podpora pa sta v primeru, ko so možnosti neugodne, ko ima sistem slab monitoring in je konfiguracija nadzornega sistema neugodna.

Možnosti

Na različne možnosti, ki jih sistem nudi pri upravljanju in podpori, vplivajo štirje kriteriji, med katerimi po pomembnosti izstopa integracija. Možnosti so ocenjene kot zelo ugodne, kadar je mogoča integracija z drugimi nadzornimi sistemi, kadar sistem omogoča kaskadno topologijo, ima možnost zunanjih alarmov vsaj v manjši meri, neodvisno od softverske izbire kanala. V splošnem so možnosti ocenjene kot zelo ugodne, če sta vsaj dva kriterija ocenjena najbolje, ob pogoju, da je eden izmed njih integracija. Možnosti so ocenjene kot neugodne, kadar vsaj dva kriterija zasedeta najslabšo vrednost, od katerih mora biti eden integracija in ob tem noben od preostalih dveh kriterijev ne zavzame najboljše vrednosti.

Monitoring

Monitoring je odličen že, če ima sistem odličen performance, vsaj dober sprejemni nivo in vsaj dober lokalni nadzor. Slab monitoring je takrat, ko sta slaba najmanj dva kriterija, ob pogoju, da tretji ni odličen.

Konfiguracija

Konfiguracija je neugodna, kadar je neugoden NMS vmesnik, ko ni mogoča lokalna in daljinska konfiguracija, ob pogoju, da je združljivost z drugimi nadzornimi sistemi nemogoča

ali zahtevna. Zelo ugodna konfiguracija je v primeru, ko ima vsaj eden od kriterijev najboljšo oceno in druga dva ne zasedeta najslabše vrednosti.

4.1.6.3 Funkcije koristnosti v povezavi s stroški lastništva

Stroški lastništva

Stroški lastništva so visoki, kadar je cena opreme visoka in stroški nadgradnje ter produkcijski stroški niso ravno nizki. Nizki stroški lastništva pa so v primeru, ko je cena opreme nizka, ko produkcijski stroški niso visoki, neodvisno od stroškov, povezanih z nadgradnjo sistema.

Produkcijski stroški

Produkcijski stroški so nizki, ko je cena vzdrževanja nizka in cena montaže nizka, neodvisno od cene tehnične pomoči in tudi takrat, ko sta cena vzdrževanja in cena tehnične pomoči nizki ter je cena montaže srednja ali nizka.

Produkcijski stroški so visoki, kadar je cena vzdrževanja visoka in:

- cena tehnične pomoči visoka, neodvisno od cene montaže,
- sta ceni tehnične pomoči in montaže srednji ali visoki,
- cena montaže visoka, neodvisno od cene tehnične pomoči.

Visoki produkcijski stroški pa so tudi takrat, kadar sta ceni tehnične pomoči in montaže srednji in je cena vzdrževanja srednja ali visoka.

4.1.7 Primerjava pomembnosti kriterijev

Izločilnih kriterijev v samem modelu ni, vendar pa kriteriji nastopajo z različnimi pomembnostmi. Največjo težo ima kriterij tehnične lastnosti, saj je najpomembnejše, da izbrani radijski sistem ustreza v tehničnem smislu. Drugi po pomembnosti je kriterij upravljanje in podpora, saj je tudi pomembno, da se novi telekomunikacijski sistem v omrežju investitorja integrira v že obstoječi nadzorni sistem. Manj pomemben je kriterij stroški lastništva, saj ima investitor namen izpopolniti obstoječo telekomunikacijsko infrastrukturo s profesionalnim sistemom, kjer cena ne igra najpomembnejše vloge.

Med osnovnimi kriteriji je najpomembnejši kriterij integracija, saj za nadzor obstoječih omrežij že obstaja več nadzornih sistemov. Zelo zaželeno je združiti nov nadzorni sistem z obstoječim in na ta način olajšati upravljanje in nadzorovanje delovanja sistema. Tudi kriterij performance izstopa po pomembnosti, saj mora biti omogočeno natančno spremljanje delovanja sistema. Poleg tega morata biti dobro ocenjena kriterija robustnost in zanesljivost, saj mora sistem delovati brez večjih prekinitev.

4.2 VREDNOTENJE IN ANALIZA ODLOČITVENEGA MODELA

4.2.1 Opredelitev problema

V našem podjetju, ki deluje kot ponudnik rešitev in storitev na področju telekomunikacij, se je pojavila dilema glede izbire najustrežnejšega telekomunikacijskega sistema, ki bo izpolnjeval vse potrebne zahteve in imel še dodatne prednosti za znanega investitorja.

Nekaj podatkov o investitorju

Investitor ima zgrajeno lastno prenosno telekomunikacijsko omrežje za potrebe vodenja in obratovanja lastnega sistema ter za zagotavljanje telekomunikacijskih povezav svojim strankam. Med večjimi objekti znotraj podjetja so zgrajene optične povezave, ki pomenijo temeljno prenosno pot. Prenosno telekomunikacijsko omrežje preko optičnih vodnikov je izvedeno v tehnologiji SDH, v fazi graditve pa je novo omrežje večprotokolne komutacije z zamenjavo label (angl. *MPLS - Multiprotocol Label Switching*).

Prenosno omrežje podjetja investitorja na optičnih zvezah je večinoma v tehnologiji SDH z zmogljivostmi:

- STM-1 (155 Mbit/s),
- STM-4 (622 Mbit/s) in
- STM-16 (2,4 Gbit/s).

Telekomunikacijsko omrežje je visoko razpoložljivo, saj ima:

- hrbtenično omrežje zgrajeno v obliki zank (dostop do vsakega TK vozlišča in pomembnih objektov po dveh ločenih poteh),
- sisteme neprekinjenega napajanja z redundanco,
- TK naprave s podvojenimi nadzornimi funkcijami in realiziranimi zaščitnimi mehanizmi,
- kakovosten sistem za sinhronizacijo frekvence celotnega TK omrežja,
- stalno dežurno službo za vzdrževanje in obratovanje TK sistema.

Primarna storitev podjetja je zagotavljanje zanesljivih in kakovostnih elektronskih komunikacijskih storitev tako za svoje potrebe, kot tudi ostalim podjetjem. Vendar pa optimalna in ekonomična izraba optično - komunikacijske infrastrukture narekuje dodatne storitve trženja prostih kapacitet za zunanje odjemalce ter doseganje dodatnih prihodkov iz naslova trženja telekomunikacijskih storitev (ELES, 2005, str. 1).

Poleg omenjene telekomunikacijske infrastrukture je v omrežju tudi nekaj radijskih povezav v pleziorhoni digitalni hierarhiji (angl. *PDH - plesiochronous digital hierachy*) tehnologiji, ki pa so namenjene predvsem za potrebe nadzora svojih že obstoječih sistemov.

Zaradi povečanega obsega trženja dodatnih kapacitet za zunanje odjemalce in za zagotavljanje dodatnih redundančnih prenosnih poti med oddaljenimi objekti in gorskimi vrhovi so se v podjetju odločili za izgradnjo novega telekomunikacijskega omrežja v SDH radijski tehnologiji. Na ta način bodo razširili obstoječe SDH omrežje tudi na gorske vrhove, kjer se že nekaj časa pojavljajo zahteve po dodatni prenosni kapaciteti.

Naloga našega podjetja je torej ponuditi investitorju najprimernejši radijski telekomunikacijski sistem.

Kot že omenjeno v prejšnjih poglavjih, mora imeti izbran radijski telekomunikacijski sistem čim boljše tehnične lastnosti, ki tudi najbolj vplivajo na izbiro ustreznega sistema. Omogočati mora čim večjo hitrost prenosa, omogočati tako prenos podatkov kot govora, biti mora čim kakovostnejši, omogočati različne vmesnike in storitve, poleg tega pa mora biti kar najbolj združljiv z obstoječimi sistemi investitorja. Pomembno je, da je tudi nadzorni sistem zmogljiv in ga je po možnosti mogoče integrirati z že obstoječim nadzornim sistemom. Cena sicer je

pomembna, vendar v tem primeru ni ključni dejavnik pri izbiri, kajti prednost imajo zgoraj naštet lastnosti.

4.2.2 Opis variant

V nadaljevanju podajam opis variant oz. različnih radijskih telekomunikacijskih sistemov, ki jih naše podjetje zastopa na slovenskem trgu in sem jih poimenoval z abecednimi znaki, sistem A, sistem B, sistem C in sistem D. Vsi sistemi so produkt priznanih telekomunikacijskih podjetij, globalno prisotnih v svetovnem merilu.

Glede na zahteve in želje, kaj naj uvedba novega radijskega omrežja doprinese, je bilo potrebno določiti tehnologijo, ki bo za to primerna. V pogovorih s predstavniki investitorja, s temeljito analizo obstoječega stanja v omrežju investitorja in njihovo strategijo ter cilji, je bilo dokaj enostavno izbrati primerno tehnologijo. Enoumno je bil izbran radijski telekomunikacijski sistem v SDH tehnologiji, v »split mount« izvedbi.

Sistem A

To je SDH radijski sistem oz. skupina izdelkov, ki je modularno zasnovana, saj se v eno ohišje lahko vstavlja več različnih modulov. Princip je »split mount«, sistem pa lahko deluje na različnih frekvenčnih pasovih od 6 do 38 GHz, podpira različne vmesnike, tako TDM kot IP ter ima vgrajene različne mehanizme, kot so ATPC, digitalno signalno procesiranje (angl. *DSP - Digital Signal Processor*) in FEC. Ima možnost dodatnega kanala, uporabniški kanal in službeno zvezo ter ima lahko vgrajen multiplekser z možnostjo dodajanja in odvzemanja signalov (angl. *ADM - Add & Drop Multiplexer*) s TDM vmesniki. Za nadzorni sistem je uporabljen SNMP protokol, z uporabniku prijaznim grafičnim vmesnikom, ki deluje na standardnih platformah in je skladen z vsemi potrebnimi standardi.

Proizvajalec je relativno majhno podjetje, velikosti okrog 200 zaposlenih, ki je bilo ustanovljeno v zgodnjih devetdesetih letih in se ukvarja le z SDH radijskimi sistemi. Njihova prednost je v tem, da so specializirani na tem področju in da je podjetje fleksibilno, kar je posebej ugodno za odzivni čas in reševanje morebitnih problemov.

Sistem B

Sistem B je sistem oz. skupina sistemov večjega proizvajalca - korporacije, z okrog 10.000 zaposlenimi po vsem svetu. V oddelku za mikrovalovne radijske zveze točka-točka najdemo več različnih sistemov, med drugim tudi tako imenovane »all-indoor«, kar pomeni, da se vsa oprema nahaja v notranjosti, tipično v večji omari, zunaj je le antena, do katere vodi valovod. Poleg SDH radijskih sistemov so na voljo tudi PDH, ki pa za nas niso zanimivi. Ker je naš investitor že odločen, da so zanj zanimivi le sistemi »split mount«, se tudi tu osredotočimo na tak sistem. Aktualni Sistem B deluje v frekvenčnih pasovih od 18 do 38 GHz, ima vgrajene različne mehanizme, kot so ATPC (tudi dinamični način) in FEC. Ima dva dodatna kanala, uporabniški kanal in možnost brezžične povezave v razdalji do 300 metrov od zunanje enote. Za nadzorni sistem je prav tako uporabljen SNMP protokol, z uporabniku prijaznim grafičnim vmesnikom, ki deluje na standardnih platformah in je skladen z vsemi potrebnimi standardi.

Sistem C

Sistem C je eden od več različnih tipov sistemov proizvajalca, ki ima okrog 1.500 zaposlenih. V oddelku za mikrovalovne radijske zveze točka-točka najdemo več različnih sistemov, med drugim tudi tako imenovane »all-indoor«, PDH radijske sisteme in točka-več-točk. Ker so naš predmet zanimanja le sistemi »split mount«, se tudi tu osredotočimo na tak sistem. Sistem C deluje v frekvenčnih pasovih od 7 do 38 GHz, podpira TDM vmesnike, ima vgrajena ATPC in FEC mehanizma. Ima dodaten kanal, uporabniški kanal in službeno zvezo ter ima vgrajen ADM s TDM in IP vmesniki. Za nadzorni sistem je prav tako uporabljen SNMP protokol z uporabniku prijaznim grafičnim vmesnikom, ki deluje na standardnih platformah in je skladen z vsemi potrebnimi standardi. Vsebuje tudi IP vmesnik z nekaterimi funkcionalnostmi usmerjevalnikov (angl. *routing*).

Sistem D

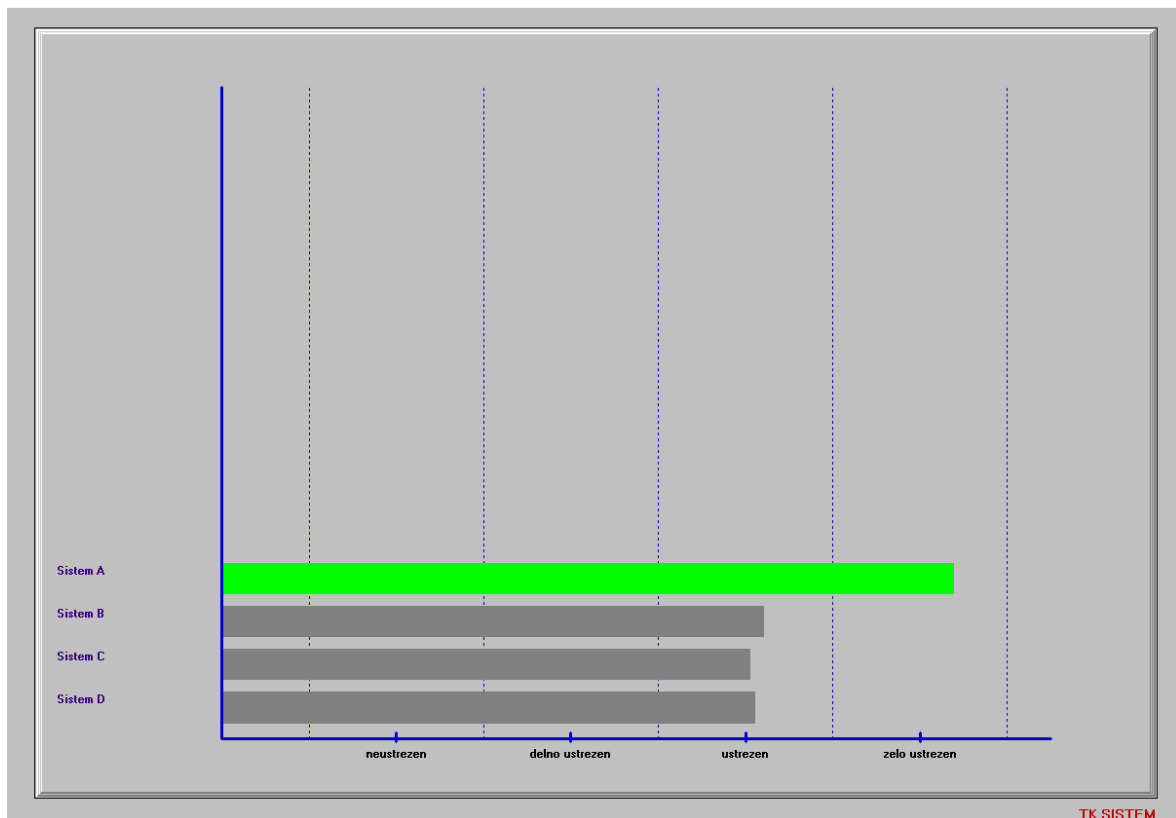
Sistem D deluje v frekvenčnih pasovih od 4,5 do 38 GHz in lahko prenaša različne kapacitete, od 8 Mbit/s do 155 Mbit/s. Ima dodaten vgrajen ADM s TDM in IP vmesniki, kar mu omogoča ponujanje storitev, kot je npr. navidežno lokalno računalniško omrežje (angl. *VLAN - Virtual Local Area Network*). V glavnem kanalu podpira TDM vmesnike, ima vgrajena ATPC in FEC mehanizma, ima dodaten kanal, uporabniški kanal in službeno zvezo. Za nadzorni sistem je prav tako uporabljen SNMP protokol, z uporabniku prijaznim grafičnim vmesnikom, ki deluje na standardnih platformah in je skladen z vsemi potrebnimi standardi.

Proizvajalec je srednje veliko podjetje, ki ima poleg omenjenega sistema v svojem portfelju še radijske sisteme z manjšimi kapacitetami prenosa (PDH) in SDH multiplekserje.

4.2.3 Rezultati vrednotenja

Variantam smo najprej dodelili vrednosti za posamezne kriterije, potem pa smo jih ovrednotili ob pomoči ekspertnega sistema DEXi, ki je na podlagi strukture kriterijev in odločitvenih pravil podal končno oceno za posamezne variante. Podrobni rezultati vrednotenja posameznih variant so razvidni iz Priloge 2, na Sliki 16 pa je podan grafični prikaz rezultatov vrednotenja posameznih radijskih sistemov, ki smo ga zaradi boljše preglednosti izvedli še s programom VREDANA. Prikazan je graf, kjer so na ordinati podani različni radijski sistemi, od spodaj navzgor, na abscisi pa ocene, in sicer od leve proti desni. Kot je razvidno, je najbolje ocenjen sistem A, medtem ko so ostali trije ovrednoteni z enako oceno.

Slika 16: Grafični prikaz vrednotenja radijskih sistemov



Poleg grafičnega prikaza je smiselno podati rezultate vrednotenja še v obliki tabele, kjer so vpisane vrednosti osnovnih in izpeljanih kriterijev za vsako varianto ter je na ta način natančneje razvidno vrednotenje variant. Tudi iz tabelaričnega prikaza, ki je podan na Sliki 17, je razvidno, da je najboljša varianta A, medtem ko so ostale tri ocenjene enako dobro.

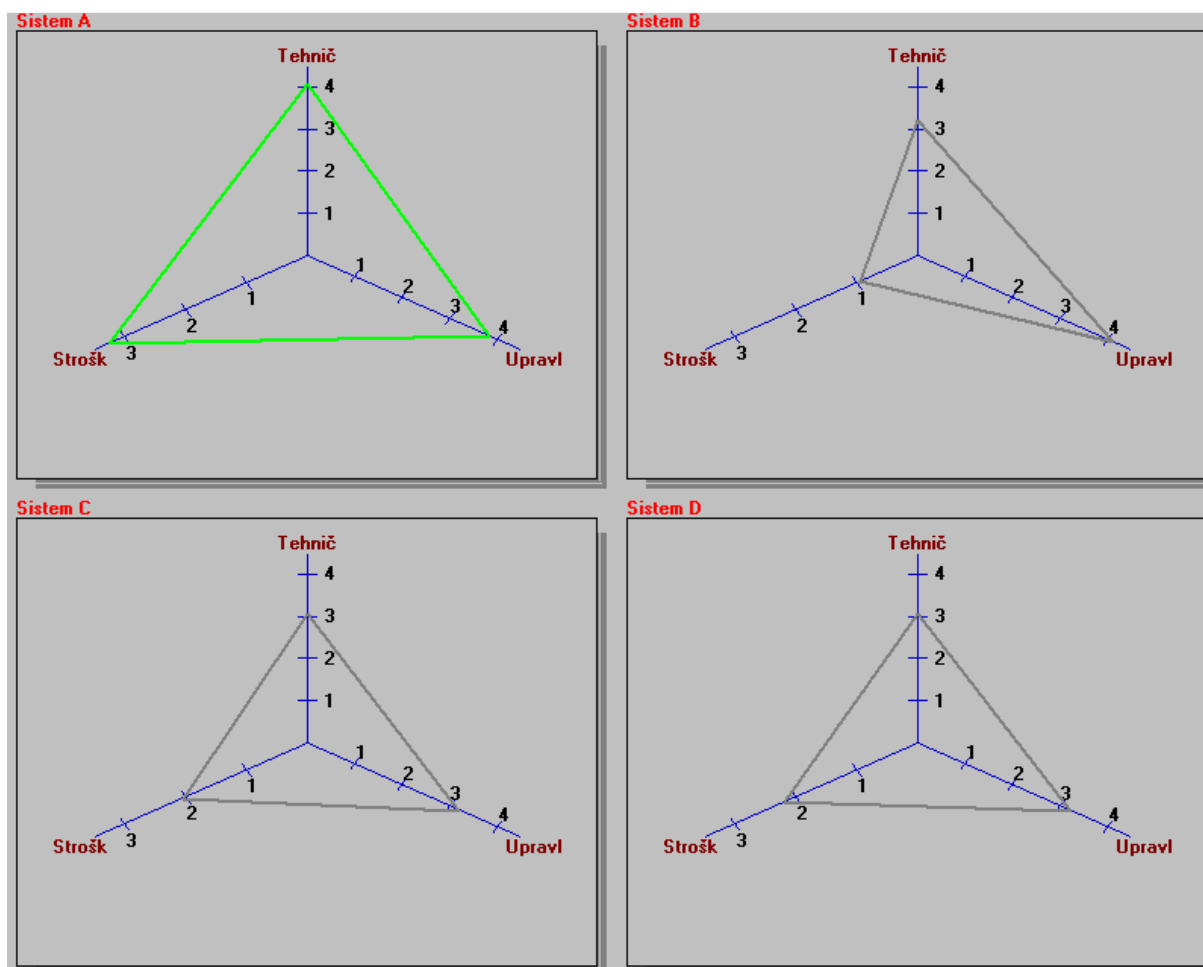
Slika 17: Tabelarni prikaz vrednotenja radijskih sistemov

Rezultati vrednotenja

Kriterij	Sistem A	Sistem B	Sistem C	Sistem D
TK SISTEM	<i>zelo ustrezen</i>	<i>ustrezen</i>	<i>ustrezen</i>	<i>ustrezen</i>
Tehnične lastnosti	<i>odlične</i>	dobre	dobre	dobre
Splošne	<i>odlične</i>	dobre	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>
Primarne	<i>odlične</i>	dobre	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>
Kvaliteta	<i>dobra</i>	srednja	<i>dobra</i>	<i>dobra</i>
Robustnost	<i>velika</i>	srednja	<i>velika</i>	srednja
Zanesljivost	<i>velika</i>	srednja	<i>velika</i>	srednja
BER	<i>majhen</i>	srednji	srednji	<i>majhen</i>
FEC	zadovoljivo	zadovoljivo	zadovoljivo	<i>odlično</i>
Modularnost	<i>zelo dobra</i>	<i>slaba</i>	<i>zelo dobra</i>	<i>zelo dobra</i>
Št. frekvenčnih pasov	<i>veliko</i>	<i>majhno</i>	<i>veliko</i>	<i>veliko</i>
Nadgradnja	<i>enostavna</i>	srednja	srednja	<i>enostavna</i>
Vmesniki	<i>veliko</i>	<i>malo</i>	<i>veliko</i>	srednje
Tipi modulacije	srednje	<i>malo</i>	srednje	<i>veliko</i>
Sekundarne	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>	dobre
Dodatni kanali	<i>odlično</i>	zadovoljivo	<i>odlično</i>	<i>odlično</i>
Uporabniški	zadovoljivo	zadovoljivo	<i>odlično</i>	<i>odlično</i>
Dodatni (2 Mbit/s)	zadovoljivo	<i>odlično</i>	zadovoljivo	zadovoljivo
Službena zveza	<i>odlično</i>	<i>nezadovoljivo</i>	zadovoljivo	zadovoljivo
Ostalo	<i>dobro</i>	<i>dobro</i>	<i>dobro</i>	srednje
Skladnost s standardi	<i>zelo dobra</i>	zadovoljiva	zadovoljiva	zadovoljiva
Enostavnost sistema	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	srednja
Enostavnost montaže	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	srednja
Mehanske	<i>dobre</i>	srednje	<i>dobre</i>	<i>slabe</i>
Dimenzije	<i>majhne</i>	srednje	srednje	<i>velike</i>
Teža	<i>majhna</i>	srednja	<i>majhna</i>	<i>velika</i>
Radijske	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>	dobre	dobre
Oddajnik	<i>odlični</i>	<i>odlični</i>	dober	dober
Oddajna moč	<i>velika</i>	<i>velika</i>	<i>majhna</i>	<i>majhna</i>
Stabilnost frekvence	sprejemljiva	<i>zelo dobra</i>	sprejemljiva	sprejemljiva
Rang slabljenja Tx	sprejemljiv	sprejemljiv	<i>zelo dober</i>	sprejemljiv
Vrednost ATPC	<i>dobra</i>	<i>dobra</i>	srednja	srednja
Sprejemnik	<i>odlični</i>	<i>odlični</i>	dober	dober
Občutljivost	srednja	<i>dobra</i>	srednja	srednja
Preobremenitev	<i>velika</i>	<i>velika</i>	srednja	srednja
Okoljske	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>	dobre	<i>odlične</i>
Vlaga	<i>velika</i>	<i>velika</i>	<i>velika</i>	<i>velika</i>
Temperaturno območje	srednje	srednje	srednje	<i>veliko</i>
Nadmorska višina	<i>velika</i>	<i>velika</i>	srednja	<i>velika</i>
Upravljanje in podpora	<i>odlično</i>	<i>odlično</i>	dobro	dobro
Možnosti	<i>zelo ugodne</i>	<i>zelo ugodne</i>	ugodne	<i>zelo ugodne</i>
Integracija	<i>je mogoča</i>	pogojno mogoča	pogojno mogoča	pogojno mogoča
Kaskadna topologija	<i>je mogoča</i>	<i>je mogoča</i>	<i>je mogoča</i>	<i>je mogoča</i>
Zunanji alarmi	v manjši meri	<i>v večji meri</i>	<i>nima</i>	<i>je v večji meri</i>
SW izbira kanala	<i>je mogoča</i>	pogojno mogoča	<i>je mogoča</i>	<i>je mogoča</i>
Monitoring	dober	<i>odlični</i>	dober	dober
Performance	dober	dober	dober	<i>odlični</i>
Sprejemni nivo	dober	<i>odlični</i>	dober	<i>slab</i>
Lokalni nadzor	dober	<i>odlični</i>	dober	dober
Konfiguracija	<i>zelo ugodna</i>	<i>zelo ugodna</i>	<i>zelo ugodna</i>	ugodna
NMS vmesnik	ugoden	<i>zelo ugoden</i>	<i>zelo ugoden</i>	ugoden
Lokalna in daljinska	delno mogoča	<i>mogoča v celoti</i>	delno mogoča	delno mogoča
Združljivost z NMS	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	zahtevna
Stroški lastništva	<i>nizki</i>	<i>visoki</i>	srednji	srednji
Cena opreme	<i>nizka</i>	<i>visoka</i>	srednja	srednja
Cena nadgradnje	<i>nizka</i>	<i>visoka</i>	srednja	<i>nizka</i>
Produksijski stroški	<i>nizki</i>	srednji	srednji	srednji
Vzdrževanje	<i>nizka</i>	srednja	srednja	srednja
Tehnična pomoč	<i>nizka</i>	<i>visoka</i>	srednja	<i>nizka</i>
Montaža	srednja	srednja	srednja	<i>visoka</i>

Očitno izstopa varianta A, zanimivo pa je primerjati ostale tri variante, ki imajo enako končno oceno. Vsi trije radijski sistemi so namreč ocenjeni kot ustrezni, vendar so vrednosti v drevesu nižje ležečih kriterijev različne. Na Sliki 18 so podani zvezdni grafikoni vrednotenja TK sistemov glede na kriterije tehnične lastnosti, upravljanje in podpora in stroški lastništva.

Slika 18: Zvezdni grafikoni vrednotenja TK sistemov



4.2.4 »Kaj-če« analiza

V tem poglavju je opisan postopek preizkušanja in analize modela, kjer smo za preizkušanje uporabili »kaj-če« analizo, pri kateri smo spreminjali tako vrednosti posameznih kriterijev, kot tudi odločitvena pravila za izpeljane kriterije.

Pri DEX-u se »kaj-če« analiza lahko izvaja tako, da spreminjamo vrednosti kriterijev in tudi funkcije koristnosti oz. odločitvena pravila ter na ta način opazujemo vpliv sprememb na končni rezultat.

4.2.4.1 Rezultati spreminjanja vrednosti kriterijev

Spreminjali smo vrednosti osnovnih kriterijev znotraj določenih izpeljanih kriterijev in kombinacije več kriterijev.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija kakovost

Če varianti A spremenimo vrednost kriterija robustnost iz »velika« na »majhna«, se spremeni vrednost izpeljanega kriterija kakovost na »srednja« in vrednosti izpeljanih kriterijev primarne, splošne in tehnične lastnosti na »dobre«, medtem ko ostane končna ocena variante A enaka (sistem A obdrži oceno zelo ustrezen). Enako se zgodi pri spremembi kriterija zanesljivost, ki ima enako težo kot robustnost. Spremembe vrednosti kriterijev BER in FEC ne vplivajo na izpeljane kriterije niti na končno oceno variante A.

Podobno velja pri varianti B, saj tudi tam sprememba vrednosti kriterijev robustnost in zanesljivost spremeni le prvi višje ležeči izpeljani kriterij kakovost, medtem ko ne vpliva na ostale. Tudi spremembe vrednosti kriterijev BER in FEC ne vplivajo na izpeljane kriterije.

Če pri varianti C spremenimo vrednost kriterija robustnost iz »velika« na »majhna«, se spremeni vrednost izpeljanega kriterija kakovost na »srednja« in sistem C postane delno ustrezen. Enako se zgodi pri spremembi vrednosti kriterija zanesljivost iz »velika« na »majhna«. Spremembe vrednosti kriterijev BER in FEC ne vplivajo na izpeljane kriterije niti na končno oceno variante C.

Pri spremembi vrednost kriterija robustnost iz »srednja« na »majhna« pri varianti D, se spremeni vrednost izpeljanega kriterija kakovost na »srednja« in vrednosti izpeljanih kriterijev primarne ter splošne tehnične lastnosti na »dobre«, vendar pa sistem D ostane ustrezen. Enako se zgodi pri spremembi vrednosti kriterija zanesljivost iz »srednja« na »majhna« pri spremembi vrednosti kriterija BER na »velik« in kriterija FEC na »nezadovoljivo«.

Na končno oceno torej vpliva le spreminjanje vrednosti kriterijev robustnost ali zanesljivost pri varianti C, medtem ko pri ostalih variantah spreminjanje vrednosti kriterijev znotraj izpeljanega kriterija kakovost nima vpliva na končno oceno variante.

Zanimivo je, da tudi spreminjanje vseh štirih kriterijev na najslabšo vrednost pri varianti A ne spremeni končne ocene. Prav tako spreminjanje vrednosti kriterijev ne spremeni končne ocene variant B in D.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija modularnost

Če varianti A spremenimo vrednosti kriterijev nadgradnja, vmesniki in št. frekvenčnih pasov na najslabšo vrednost, se spremeni vrednost izpeljanega kriterija modularnost na »slaba« in vrednosti izpeljanih kriterijev primarne, splošne in tehnične lastnosti na »dobre«, medtem ko ostane končna ocena variante A enaka (sistem A obdrži oceno zelo ustrezen).

Pri spreminjanju vrednosti kriterijev znotraj izpeljanega kriterija modularnost pri varianti B v najboljšem primeru pridemo do vrednosti kriterija modularnost »zelo dobra«, vendar pa vsi ostali izpeljani kriteriji, kot tudi končna ocena variante, obdržijo prejšnje vrednosti.

Pri spremembi vrednosti kriterija nadgradnja iz »srednja« na »zahtevna« pri varianti C se spremeni vrednost izpeljanega kriterija modularnost na »dobra«, vrednosti izpeljanih kriterijev se izboljšajo in sistem C postane delno ustrezen. Enako se zgodi pri spremembi vrednosti kriterija vmesniki iz »veliko« na »srednje«, pri spremembi vrednosti kriterija tipi modulacije na »malo« in pri spremembi vrednosti kriterija št. frekvenčnih pasov. Pri varianti

C imajo torej spremembe kriterijev znotraj kriterija modularnost neposreden vpliv na končno oceno variante.

Pri varianti D spreminjanje vrednosti kriterijev znotraj kriterija modularnost nima za posledico spremembo končne ocene variante, temveč se kaže le v spremembi izpeljanih kriterijev modularnost, primarne in splošne tehnične karakteristike in to že pri spremembi vrednosti kriterija nadgradnja iz »enostavna« v »zahtevna«. Pri spremembi vseh osnovnih kriterijev na najslabše vrednosti se spremeni vrednost kriterija modularnost, ki pa ne prinese dodatnih sprememb vrednosti drugih izpeljanih kriterijev.

Le pri varianti C se spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev znotraj kriterija modularnost neposredno pozna pri končni oceni variant.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija dodatni kanali

Pri varianti A spreminjanje vrednosti posameznih osnovnih kriterijev pomeni le spremembo izpeljanega kriterija dodatni kanali na najslabšo vrednost, nima pa nikakršnega drugega vpliva. Kriterij dodatni kanali torej nima neposrednega vpliva na končno oceno variante A.

Pri varianti B spreminjanje vrednosti posameznih osnovnih kriterijev pomeni poleg spremembe izpeljanega kriterija dodatni kanali tudi spremembo izpeljanega kriterija sekundarne tehnične lastnosti. Kriterij dodatni kanali lahko zavzame najslabšo vrednost, medtem ko sekundarne tehnične lastnosti v najslabšem primeru postanejo »dobre«. Vidimo, da v tem primeru ni neposrednega vpliva na končno oceno variante B.

Pri varianti C spreminjanje vrednosti posameznih osnovnih kriterijev pomeni le spremembo izpeljanega kriterija dodatni kanali na najslabšo vrednost, nima pa vpliva na sekundarne tehnične lastnosti in druge izpeljane kriterije. Kriterij dodatni kanali torej nima neposrednega vpliva na končno oceno variante C.

V primeru spreminjanja vrednosti kriterijev pri varianti D, ti neposredno vplivajo le na spremembo vrednosti kriterija dodatni kanali.

Ugotovimo torej, da spremembe vrednosti kriterijev uporabniški, dodatni (2 Mbit/s) in službena zveza nimajo neposrednega vpliva na končno oceno variant pri nobeni varianti.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija ostalo

Pri varianti A spreminjanje vrednosti posameznih osnovnih kriterijev pomeni le spremembo izpeljanega kriterija ostalo na najslabšo vrednost, nima pa nikakršnega drugega vpliva. Kriterij dodatni kanali torej nima neposrednega vpliva na končno oceno variante A.

Pri varianti B spreminjanje vrednosti posameznih osnovnih kriterijev pomeni poleg spremembe izpeljanega kriterija ostalo tudi spremembo izpeljanega kriterija sekundarne tehnične lastnosti. Kriterij ostalo lahko zavzame najslabšo vrednost, medtem ko sekundarne tehnične lastnosti v najslabšem primeru postanejo »dobre«. Vidimo, da v tem primeru ni neposrednega vpliva na končno oceno variante B.

Pri varianti C spreminjanje vrednosti posameznih osnovnih kriterijev, podobno kot pri varianti A, pomeni le spremembo izpeljanega kriterija ostalo na najslabšo vrednost, nima pa

vpliva na sekundarne tehnične lastnosti in druge izpeljane kriterije. Kriterij dodatni kanali torej nima neposrednega vpliva na končno oceno variante C.

V primeru variante D spreminjanje vrednosti posameznih osnovnih kriterijev lahko pomeni spremembo kriterija ostalo na najslabšo vrednost – v tem primeru ni spremembe kriterija sekundarne tehnične lastnosti. Pri spremembi na najboljše vrednosti pa se poleg kriterija ostalo spremeni kriterij sekundarne tehnične lastnosti. V nobenem primeru pa ni spremembe drugih, višje ležečih kriterijev.

Razvidno je torej, da s spreminjanjem osnovnih kriterijev znotraj kriterija ostalo neposredno ne vplivamo na končno oceno variante.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija mehanske

Pri spreminjanju vrednosti kriterijev dimenzije in teža se pri varianti A spreminja le vrednost izpeljanega kriterija mehanske, medtem ko drugih posledic ni.

Pri varianti B spreminjanje vrednosti kriterijev dimenzije in teža vpliva poleg kriterija mehanske tudi na kriterij sekundarne tehnične lastnosti, ne vpliva pa na končno oceno variante.

Podobno kot pri varianti A, tudi pri variantah C in D spreminjanje vrednosti kriterijev dimenzije in teža vpliva le na vrednost izpeljanega kriterija mehanske, medtem ko drugih posledic ni.

Ugotovimo, da tudi kriterija dimenzije in teža neposredno ne vplivata na končno oceno pri nobeni varianti.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija oddajnik

Pri spreminjanju vrednosti kriterijev znotraj kriterija oddajnik se pri varianti A poleg kriterija oddajnik spreminjata še kriterija radijske in tehnične lastnosti, medtem ko končna ocena variante ostane nespremenjena. V primeru, ko vsi osnovni kriteriji znotraj kriterija oddajnik zavzamejo najslabšo vrednost, dobi kriterij oddajnik vrednost »slab«, vendar pa radijske lastnosti kljub temu ne postanejo »slabe«, temveč zavzamejo vrednost »dobre«. Podobno tudi kriterij tehnične lastnosti dobi vrednost »dobre«.

Pri varianti B je situacija podobna, le da se v nobenem primeru ne spreminja kriterij tehnične lastnosti, ti namreč ohranijo vrednost »dobre«.

Zanimivo je, da pri varianti C že sprememba vrednosti osnovnega kriterija oddajna moč iz »majhna na »velika« spremeni poleg kriterijev oddajnik, radijske in tehnične lastnosti tudi končno oceno variante in sistem C postane »zelo ustrezen«. Ravno tako je zanimivo, da sprememba vrednosti kriterija rang slabljenja iz »zelo dober« na »slab« tudi vpliva na končno oceno variante in sistem C postane »delno ustrezen«.

Pri varianti D se spreminjanje vrednosti posameznih osnovnih kriterijev kaže le v spremembi vrednosti kriterija oddajnik, če pa spremenimo vrednosti več kriterijem hkrati, ima to lahko za posledico tudi spremembo končne ocene variante. Sistem D namreč lahko postane »delno ustrezen«.

Kriterija oddajna moč in rang slabljenja imata neposredni vpliv na končno oceno variante pri varianti C, pri varianti D pa je za spremembo končne ocene variante potrebno spremeniti vrednosti več kriterijev hkrati.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija sprejemnik

Pri varianti A že sprememba vrednosti kriterija preobremenitev sprejemnika povzroči spremembe vrednosti kriterijev sprejemnik, radijske in tehnične lastnosti, vendar pa ne spremeni končne ocene variante.

Spreminjanje vrednosti kriterijev občutljivost sprejemnika in preobremenitev sprejemnika pri varianti B se kaže v spremembah vrednosti kriterijev oddajnik in radijske, ne spreminja pa se kriterij tehnične lastnosti.

Pri varianti C imata pomembno vlogo na končno oceno variante kriterija občutljivost sprejemnika in preobremenitev sprejemnika. Če spremenimo vrednost enega izmed teh dveh kriterijev iz »srednja« na »dobra« se spremenijo kriteriji sprejemnik, radijske in tehnične lastnosti in tudi končna ocena variante, saj sistem C postane »zelo ustrezen«. Če pa spremenimo vrednost tega kriterija iz »srednja« na »slaba« se prav tako spremenijo kriteriji sprejemnik, radijske in tehnične lastnosti in sistem C postane »delno ustrezen«. Oba kriterija imata torej neposreden vpliv na končno oceno variante.

Pri varianti D se spremembe vrednosti obeh kriterijev znotraj kriterija sprejemnik odražajo v spremembi končne ocene variante, in sicer v primeru, ko se spremeni vrednost iz »srednja« v »dobra« pri kriteriju občutljivost sprejemnika in ko se spremeni vrednost iz »srednja« v »velika« pri kriteriju preobremenitev sprejemnika. V obeh primerih namreč postane radijski sistem D »zelo ustrezen«.

Lahko ugotovimo, da imata kriterija občutljivost sprejemnika in preobremenitev sprejemnika neposredni vpliv na končno oceno variante pri variantah C in D.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija okoljske

V primeru variante A spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev znotraj kriterija okoljske povzroči spremembo vrednosti kriterijev okoljske in tehnične lastnosti, nima pa neposrednega vpliva na končno oceno variante.

Pri varianti B spremembe vrednosti osnovnih kriterijev povzročijo lahko le spremembo kriterija okoljske, ne pa tudi kriterija tehnične lastnosti.

Tudi pri variantah C in D se spremembe vrednosti osnovnih kriterijev odražajo le v spremembi vrednosti kriterija okoljske.

Spreminjanje vrednosti kriterijev vlaga, temperaturno območje in nadmorska višina torej pri nobeni varianti nimajo neposrednega vpliva na končno oceno variant.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija možnosti

Pri varianti A spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev znotraj kriterija možnosti povzroči le spremembo vrednosti kriterijev možnosti in upravljanje in podpora, kriterij tehnične lastnosti

pa ostane nespremenjen. Kriterij upravljanje in podpora v najslabšem primeru zavzame vrednost »dobro«. Tudi končna ocena variante se ne spreminja.

Tudi pri variantah B, C in D se dogaja enako, kar pomeni, da kriteriji integracija, kaskadna topologija, zunanji alarmi in softverska izbira kanala nimajo neposrednega vpliva na končno oceno variant.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija monitoring

Pri vseh štirih variantah se spreminjanje vrednosti kriterijev znotraj kriterija monitoring odraža pri spremembi vrednosti kriterijev monitoring in upravljanje in podpora, ne pa pri kriteriju tehnične lastnosti. Tako tudi ti kriteriji nimajo neposrednega vpliva na končno oceno variant.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanega kriterija konfiguracija

Podobno kot v prejšnjem primeru se spreminjanje vrednosti kriterijev znotraj kriterija konfiguracija pri vseh štirih variantah odraža le v spremembah vrednosti kriterijev konfiguracija in upravljanje in podpora, ne pa tudi višje. Tudi ti kriteriji nimajo neposrednega vpliva na končno oceno variant.

Spreminjanje vrednosti osnovnih kriterijev izpeljanih kriterijev stroški lastništva in produkcijski stroški

Izpeljani kriterij produkcijski stroški je nižje ležeči kriterij kriteriju stroški lastništva, saj s kriterijema cena opreme in cena nadgradnje sestavlja kriterij stroški lastništva. Spremembe vrednosti osnovnih kriterijev cena opreme, cena nadgradnje, cena vzdrževanja, cena tehnične pomoči in cena montaže nimajo neposrednega vpliva na končno oceno variant pri varianti A.

Pri varianti B pa že samo sprememba vrednosti kriterija cena opreme iz »visoka« na »nizka« spremeni končno oceno variante in sistem B postane »zelo ustrezen«.

Pri variantah C in D se spremembe vrednosti osnovnih kriterijev znotraj kriterija stroški lastništva odražajo le pri spremembi kriterija stroški lastništva, ne pa pri končni oceni variant.

Le pri varianti B torej kriterij cena opreme neposredno vpliva na končno oceno variante, medtem ko pri ostalih variantah kriteriji cena opreme, cena nadgradnje, cena vzdrževanja, cena tehnične pomoči in cena montaže nimajo neposrednega vpliva na končno oceno variant.

4.2.4.2 Rezultati spreminjanja odločitvenih pravil

Pri spreminjanju vrednosti kriterijev nismo spreminjali odločitvenih pravil, saj smo opazovali le vpliv vrednosti kriterijev na končno oceno variant, ne pa tudi vpliv spreminjanja odločitvenih pravil. To je prikazano v nadaljevanju.

Odločitvena pravila smo spreminjali najprej pri posameznih izpeljanih kriterijih na nižjih nivojih drevesa, potem pa še pri višje ležečih kriterijih, vendar z upoštevanjem realnih možnosti. Izvajali smo le smiselne preizkuse, ne pa tudi očitnih, saj je jasno, da velike spremembe odločitvenih pravil zelo vplivajo na končno oceno posamezne variante. Vse

variante oz. ocenjevane radijske sisteme smo natančno analizirali, tako teoretično, kot tudi s praktičnimi preizkusi na radijskih sistemih, ki so že v obratovanju.

Spreminjanje odločitvenih pravil znotraj izpeljanega kriterija tehnične lastnosti

Pri povečanju pomembnosti kriterija radijske in enakem zmanjšanju kriterija okoljske se pri varianti B spremeni vrednost kriterija tehnične lastnosti, ki dobi vrednost »odlične« in končna ocena variante, saj sistem B postane zelo ustrezen. Ostale variante ostanejo nespremenjene, tako v smislu kriterija tehnične lastnosti, kot končne ocene variant.

Pri povečanju pomembnosti kriterija splošne in zmanjšanju kriterija radijske se dogaja podobno kot v prejšnjem primeru, le da gre za varianto D. Znatno povečanje pomembnosti kriterija okoljske ima velik vpliv na vrednost kriterija tehnične lastnosti in na končno oceno variant, vendar pa v praksi njegova pomembnost ne prevladuje, zato sprememba razen za testiranje ni smiselna.

Spreminjanje odločitvenih pravil znotraj izpeljanega kriterija splošne

Če pogledamo strukturo drevesa, vidimo, da je povsem logično, da spreminjanje odločitvenih pravil za kriterije dodatni kanali, ostalo in mehanske nima vidnejšega vpliva na končno oceno, niti na višje ležeče kriterije. Vsi trije namreč sestavljajo kriterij sekundarne, ki poleg primarnih tvori splošne tehnične karakteristike. Odločitvena pravila splošnih tehničnih karakteristik pa so določena tako, da imajo primarne precej večji vpliv kot sekundarne.

Če spremenimo to razmerje v korist sekundarnih tehničnih karakteristik, se pri varianti B spremeni vrednost kriterija splošne, ki dobi vrednost »odlične«. Posledično se spremeni tudi vrednost kriterija tehnične lastnosti v »odlične« in končna ocena variante, sistem B namreč postane zelo ustrezen. Ta sprememba odločitvenih pravil vpliva tudi na kriterij splošne pri varianti D, saj se spremeni njegova vrednost na »odlične«. Enako se zgodi že pri izenačitvi pomembnosti kriterijev primarne in sekundarne.

Spreminjanje odločitvenih pravil znotraj izpeljanega kriterija primarne

Pri kriteriju primarne ima večji pomen kriterij kakovost kot modularnost. Izenačitev pomembnosti ne prinese nobene spremembe, če pa določimo večjo pomembnost kriteriju modularnost, pa se vrednost spremeni samo pri varianti B, in sicer tako kriteriju primarne kot splošne. Oba kriterija dobita vrednost »nezadovoljive«, ob tem da se vrednosti kriterijev kakovost in modularnost ne spremenita. Tehnične lastnosti ostanejo »dobre«, nespremenjena pa ostane tudi končna ocena variant.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija kakovost

Pri izbiri ustreznega radijskega sistema je projektna skupina določila enako pomembnost kriterijema robustnost in zanesljivost, medtem ko po pomembnosti malo zaostaja BER, najmanjši vpliv na kakovost pa ima kriterij FEC.

Če na primer zaostriamo pogoje za najboljšo vrednost kriterija kakovost, kar pomeni, da v primeru, ko zasedejo kriteriji robustnost, zanesljivost in BER najboljše vrednosti in kriterij FEC najslabšo, določimo, da dobi kriterij kakovost vrednost »srednja« namesto »dobra«, kot je bilo predvideno v predlaganih odločitvenih pravilih. V tem primeru se spremeni vrednost

kriterijev kakovost, primarne in splošne, in sicer samo pri varianti D. Ne spremenita pa se kriterij tehnične lastnosti in končna ocena variante, kot tudi ta sprememba ne vpliva na druge tri variante. Ta sprememba še vedno ohranja približno enako pomembnost posameznih kriterijev, kakšne druge spremembe pomembnosti pa ne pridejo v poštev.

Smiseln je bil le še preizkus, da v primeru, ko imata kriterija zanesljivost in robustnost najslabšo vrednost, določimo, da je vrednost kriterija kakovost »slaba«, ne glede na vrednosti kriterijev BER in FEC. V takem primeru se spremeni končna ocena pri varianti C in sistem C postane »delno ustrezen«.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija modularnost

Pri spreminjanju odločitvenih pravil kriterija modularnost je bil smiseln preizkus povečanja pomembnosti kriterijev nadgradnja in vmesniki. V primerih, ko sta vrednosti omenjenih kriterijev najslabši, smo določili, da je tudi vrednost kriterija modularnost »slaba«. Opazili smo, da je sistem C postal »delno ustrezen«, medtem ko vpliva na končno oceno ostalih variant ni bilo.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija sekundarne

Spreminjanje odločitvenih pravil znotraj kriterija sekundarne ima vpliv le na sam kriterij sekundarne in sicer pri varianti B. Že relativno majhna sprememba odločitvenih pravil spremeni vrednost kriteriju sekundarne na »dobre« Spremenili smo tako, da je imel kriterij dodatni kanali največjo težo, pri varianti B pa ima ravno ta kriterij najslabšo vrednost od vseh variant. Končna ocena se ne spremeni.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija dodatni kanali

Najvplivnejša kriterija izpeljanega kriterija dodatni kanali sta dodatni (2 Mbit/s) in službena zveza, zato smo opazovali, kako spremembe njunih pomembnosti vplivajo na končno oceno variant. Pri zmernem zmanjšanju pomembnosti kriterija službena zveza na račun povečanja kriterija uporabniški se je spremenila le vrednost izpeljanega kriterija dodatni kanali, in sicer le pri varianti B. Tudi pri večjih spremembah odločitvenih pravil se zgodi enako, odločitvena pravila pri kriteriju dodatni kanali torej neposredno ne vplivajo na končno oceno nobene od variant.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija ostalo

Tudi pri tej varianti ni večjih sprememb pri majhnem spreminjanju odločitvenih pravil, medtem ko pri drastičnih spremembah opazimo pri varianti B tudi spremembo vrednosti kriterija sekundarne. Vrednost kriterija ostalo se spremeni še pri varianti C. Spremembe, ki smo jih testno uvedli, pa v praksi nikakor ne morejo biti izvedene, saj bi to pomenilo, da ima na primer kriterij enostavnost sistema veliko manjši pomen kot skladnost s standardi. Oba sta pomembna, kot tudi enostavnost montaže, zato je potrebno njihovo pomembnost pravilno razporediti.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija mehanske

Podobno kot pri spreminjanju odločitvenih pravil pri kriteriju ostalo je tudi pri kriteriju mehanske. Spreminja se namreč samo vrednost kriterija mehanske, in sicer samo pri varianti B.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija radijske

Pri spreminjanju odločitvenih pravil kriterija radijske se vrednost tega kriterija ne spremeni v nobenem primeru. Vse variante imajo namreč enako ocenjena kriterij oddajnik in sprejemnik, ki sestavljata kriterij radijske.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija oddajnik

Spremembe odločitvenih pravil so se odražale pri varianti D, kjer je vrednost kriterija radijske postala »nezadovoljive«, vrednost kriterija tehnične lastnosti pa se ni spremenila. Spremenili smo tako, da je kriterij oddajna moč pridobil na pomembnosti, ta pa je ravno pri varianti D ocenjen najslabše.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija sprejemnik

V tem primeru sta bila v osnovi po pomembnosti kriterija občutljivost sprejemnika in preobremenitev sprejemnika enakovredna, potem pa smo povečali pomembnost kriteriju občutljivost sprejemnika. To je vplivalo samo na varianto A in kriterij sprejemnik je zavzel vrednost »dober« namesto »odličen«.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija okoljske

Pri spreminjanju odločitvenih pravil v tem primeru ugotovimo, da pri variantah A in B spremembe vplivajo na kriterij okoljske, ki pri obeh variantah dobi vrednost »dobro«. Vpliva na višje ležeče kriterije ni, kot tudi ne na končno oceno variant.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija upravljanje in podpora

Pri spreminjanju pomembnost kriterijev znotraj kriterija upravljanje in podpora smo najprej zelo povečali pomembnost kriterija konfiguracija na račun zmanjšanja ostalih dveh, predvsem kriterija možnosti. Spremenila se je le vrednost kriterija upravljanje in podpora pri varianti C, ki je dobil vrednost »odlično«. Pri povečanju pomembnosti kriterijev možnosti in konfiguraciji, ob minimalnem vplivu kriterija monitoring, pa je postala vrednost kriterija upravljanje in podpora »odlično« pri variantah C in D. Vpliva na končno oceno variant ni bilo zaznati.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija možnosti

Ko smo povečali pomembnost kriterija zunanji alarmi, se je pri varianti A spremenila vrednost kriterijev možnosti in upravljanje in podpora. Obema se je vrednost poslabšala, ni pa bilo vpliva na končno oceno variant. Pri enakomernem povečanju pomembnosti kriterijev integracija in zunanji alarmi ob minimalnem vplivu ostalih dveh se je spremenila vrednost kriteriju možnosti pri vseh štirih variantah na slabše, tako da so bile pri varianti C celo

»neugodne«. Pri varianti A pa se je spremenila tudi vrednost kriterija upravljanje in podpora na »dobro«, medtem ko vpliva na končno oceno variant ni bilo v nobenem primeru.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija monitoring

V tem primeru je bilo smiselno spreminjanje le razmerja pomembnosti, ne pa vrstnega reda, saj je kriterij performance najpomembnejši pri vseh vrstah radijskih sistemov. Ko smo močno povečali pomembnost tega kriterija v primerjavi z ostalima dvema, se je spremenila vrednost kriterija monitoring pri variantah B in D. Vrednost pri varianti B se je zmanjšala, pri varianti D pa povečala. Drugega vpliva ni bilo.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija konfiguracija

Pri velikem povečanju pomembnosti kriterija NMS vmesnik se je pri variantah A in D spremenila vrednost kriteriju konfiguracija, ki je v obeh primerih dobil vrednost »neugodna«. Poleg tega je imelo to spreminjanje odločitvenih pravil vpliv tudi na višje ležeči kriterij upravljanje in podpora pri varianti A, kjer se je vrednost spremenila iz »odlično« na »dobro«. Vpliva na končno oceno pa tudi v tem primeru ni bilo.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija stroški lastništva

Spreminjanje pomembnosti odločitvenih pravil v tem primeru ni imelo nobenega vpliva na spremembe vrednosti kriterijev, razen v primeru, ko smo zelo povečali pomembnost kriterija cena nadgradnje, ki pa v praksi ni tako pomemben. Takrat je pri varianti D prišlo do spremembe vrednosti kriterija stroški lastništva, ki so dobili vrednost »nizki«. Na končno oceno variant nismo mogli vplivati.

Spreminjanje odločitvenih pravil izpeljanega kriterija produkcijski stroški

Pri povečanju pomembnosti kriterija cena tehnične pomoči se spremeni vrednost kriterijev produkcijski stroški in stroški lastništva pri varianti D, vrednost postane »nizki«. Do neke mere bi bila lahko ta sprememba v praksi uresničljiva, vendar pa ne toliko na račun zmanjšanja pomembnosti kriterija cena vzdrževanja.

4.2.4.3 Povzetek spreminjanja odločitvenih pravil

V prejšnjem poglavju je bilo moč opaziti, da spremembe pomembnosti določenih kriterijev vplivajo na končno oceno variant, vendar pa je teh kriterijev relativno malo. Spreminjali smo namreč pomembnosti kriterijev v smiselnih mejah, razen v nekaterih redkih primerih, ko smo spremenili pomembnosti izven logičnih mej za delovanje radijskega sistema v praksi.

Ugotovili smo, da le spremembe pomembnosti nekaterih kriterijev znotraj kriterija tehnične lastnosti vplivajo na končno oceno variant in sicer pri kriterijih tehnične lastnosti, splošne, kakovost in modularnost. To se zgodi zato, ker je pomembnost kriterija tehnične lastnosti največja, saj se v praksi zahteva radijski sistem, ki mora v prvi vrsti ustrezati v smislu tehničnih lastnosti.

SKLEP

V magistrskem delu je bil obravnavan celoten proces izgradnje odločitvenega modela in tudi uspešno zgrajen odločitveni model za pomoč pri izbiri telekomunikacijskega sistema.

Celoten proces izgradnje odločitvenega modela je bil temeljit in dovršen, na podlagi iteracijskih postopkov pa smo izvedli določene popravke, ki so pripomogli k še večji konsistentnosti odločitvenega modela. Posamezne kriterije smo ponovno vrednotili in smiselno spreminjali funkcije koristnosti oziroma zaloge vrednosti kriterijev. Kot rezultat smo dobili odločitveni model, ki se je izkazal kot pomembna pomoč pri izbiri najustrežnejšega telekomunikacijskega sistema v praksi. Tudi v praksi je bil dejansko izbran sistem, ki smo ga izbrali v procesu odločanja in je implementiran v omrežju investitorja.

Način izbire primernega telekomunikacijskega sistema ob pomoči orodja DEXi je bil za nas nov, zato smo se soočali z določenimi težavami, predvsem pa porabili precej časa na teoretičnem področju obravnavanja različnih sistemov. Dobra stran tega je, da smo natančneje spoznali vse aktualne variante, kar je bilo v pomoč kasneje pri vrednotenju. Kljub temu da vrednotenje temelji predvsem na teoretični osnovi, je bil proces koristen in izbran je bil pravi telekomunikacijski sistem.

Kot možna izboljšava oziroma izboljšan proces izbire bi bilo le še praktično preizkušanje vseh štirih variant v realnih razmerah, kar pa ni vedno enostavno in je povezano z določenimi dodatnimi stroški.

Zgrajen odločitveni model predstavlja nov, razširjen in poglobljen pogled na obravnavano problematiko, uporabljena metodologija in orodja pa so se pokazali kot zelo primerni za uporabo. Pričakujem, da bomo tudi v prihodnje pri podobnih dilemah s pridom uporabili znanja, pridobljena v tem procesu in si pomagali z orodjem DEXi.

LITERATURA IN VIRI

1. Agencija RS za okolje (2009). *Elektromagnetna sevanja*. Najdeno 15. oktobra 2009 na spletnem naslovu:
<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20s tanju%20okolja%20v%20Sloveniji/sevanja.pdf>
2. Alter, S. (1980). *Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenges*. Reading (Mass.): Addison-Wesley Publishing Company.
3. Alter, S. (1992). *Information Systems: A Management Perspective*. Reading (Mass.): Addison-Wesley Publishing Company.
4. Arnaud, D., & LeBon, T. (2000). Towards Wise Decision-Making (ii): Decision-Making and the Emotions. *Practical Philosophy*, 3 (3), 55-65.
5. Azarov, D. M., Rajkovič, V., & Bohanec, M. (2002). Medšolsko projektno delo z večparametrskimi odločitvenimi modeli in izmenjavo podatkov XML. *Organizacija*, Kranj, 35 (8), 503-507.
6. Bates, R. J. (2002). *Broadband telecommunications handbook* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

7. Bešter, J., & Pehani, B. (2002). *Osnove telekomunikacij II*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.
8. Bešter, J. (2003). Vizija razvoja telekomunikacij v Sloveniji. *Zbornik Radiokomunikacije 2003* (str. 1-3). Ljubljana: Inštitut za telekomunikacije.
9. Bidgoli, H. (1997). *Modern Information Systems for Managers*. San Diego: Academic Press.
10. Bohanec, M., & Rajkovič, V. (1995). Večparametrski odločitveni modeli. *Organizacija*, 28 (7), 427-438.
11. Bohanec, M., Zupan, B., & Rajkovič, V. (1997). Hierarhični odločitveni modeli in njihova uporaba v zdravstvu. *Zbornik Računalniška analiza medicinskih podatkov, CADAM-97* (str. 1-17). Ljubljana: Institut Jožef Stefan.
12. Bohanec, M., & Rajkovič, V. (1999). Multi-Attribute Decision Modeling: Industrial Applications OF DEX. *Informatica*, 23 (4), 487-491.
13. Bohanec, M., Zupan, B. & Rajkovič, V. (2000). Applications of qualitative multi-attribute decision models in health care. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 58-59, 191-205.
14. Bohanec, M., Cestnik, B., Grobelnik, M., & Mladenič, D. (2002). *Describing Decision Support, Data Mining and Text/Web Mining Studies in SolEuNet*. Helsinki: University of Helsinki.
15. Clark, M. P. (2000). *Wireless Access Networks: Fixed Wireless Access and WLL Networks – Design and Operation*. Chichester, New York: John Wiley & Sons, Inc.
16. Dimovski, V., Penger, S., & Škerlavaj, M. (2002). *Temelji organiziranja in odločanja*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
17. Dreyfus, G. (2005). *Neural Networks*. Berlin: Springer-Verlag.
18. ELES (2005). *Omrežje*. Najdeno 23. Aprila 2005 na spletnem naslovu: http://www.eles.si/portal/page?_pageid=33,62399&_dad=portal&_schema=PORTAL
19. Fidler, C., & Rogerson, S. (1996). *Strategic Management Support Systems*. London: Pitman Publishing.
20. Fitzgerald, P. S. (2002). *Decision Making*. Oxford: Capstone Publishing.
21. Freeman, L. R. (1995). *Reference Manual for Telecommunications Engineering*. (2nd ed.) New York: John Wiley & Sons, Inc.
22. Gasar, S., Bohanec, M., & Rajkovič, V. (2002). Napovedovanje uspešnosti zaključka šolanja. *Organizacija*, 35 (8), 508-513.
23. Goleniewski, L. (2002). *Telecommunications essentials*. Boston: Addison-Wesley.
24. Guo, J. Y., & Barton, K. S. (2002). *Fresnel Zone Antennas*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
25. Hellriegel, D., & Slocum, J. W. (1996). *Management*. Cincinnati: South-Western College Publ.
26. Hoch, J. S., Kunreuther, C. H., & Gunther E. R. (2001). *Wharton on making decisions*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
27. International Telecommunication Union. Najdeno 5.4.2008 na spletnem naslovu: <http://www.itu.int/net/about/index.aspx>

28. Jenniskens, I. (2001). *Management and decision-making in higher education institutions*. Utrecht: Lemma Publishers.
29. Jerman–Blažič, B., Klobučar, T., Perše, Z., & Nedeljkovič, D. (2001). *Elektronsko poslovanje na internetu*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
30. Kos, A. (2000). Sodobne telekomunikacije – trendi in tehnologija. *Zbornik Telekomunikacije* (str. 6-11). Ljubljana: Mobinet.
31. Kos, A., & Bešter, J. (1999). Posvajanje novih telekomunikacijskih storitev. *Zbornik osme Elektrotehniške in računalniške konference ERK '99* (str. 185-188). Ljubljana: IEEE Region 8, Slovenska sekcija IEEE.
32. Krapež, A., Rajkovič, V., & Wechtersbach, V. (2000). Uvajanje tehnologij znanja v predmet informatika v gimnazijah: Primer upravljanja z odločitvenim znanjem. *Organizacija*, 33 (8), 534-540.
33. Lee, H. T. (2004). *Planar Microwave Engineering*. Cambridge: Cambridge University Press.
34. Leon-Garcia, A., & Widjaja, I. (2000). *Communication Networks*. Boston: McGraw-Hill.
35. Marakas, M. G. (1999). *Decision Support Systems in the 21st Century*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
36. McNamara, C. (2005). Basic Guidelines to Problem Solving and Decision Making. *Free Management Library*. Najdeno 8. maja 2003 na spletnem naslovu: http://www.mapnp.org/library/prsn_prd/prb_bsc.htm
37. Miller, M. G., & Beasley, S. J. (2002). *Modern Electronic Communication* (7th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
38. Monahan, E. G. (2000). *Management Decision Making*. Cambridge: Cambridge University Press.
39. Možina, S. et al. (1994). *Management*. Radovljica: Didakta.
40. Muller, J. N. (2002). *Desktop Encyclopedia of Telecommunications*. New York: McGraw-Hill.
41. Muller, J. N. (2003). *Wireless A to Z*. New York: McGraw-Hill.
42. *Nacionalni program razvoja telekomunikacij – Tretja obravnava* (2000). Ljubljana: Poročevalec Državnega zbora RS.
43. Nicopolitidis, P. et al. (2003). *Wireless Networks*. Chichester: John Wiley & Sons.
44. Novak, G., & Gradišar, M. (2000). Pregled uporabe informacijskih sistemov za podporo odločanja. *Organizacija*, 33 (4), 248-253.
45. Power, L. D. (2002). *Decision support systems*. Westport: Greenwood Publishing Group.
46. Rajkovič, V., Šušteršič, O., Šušteršič, J., & Bohanec, M. (1999). Kako storiti več za kakovost zdravstva in šolstva?, *Zbornik Modra knjiga, Civilna družba v Sloveniji in Evropi* (str. 386–395). Ljubljana: Društvo občanski forum, Služba vlade RS za evropske zadeve.
47. Rajkovič, V., Bohanec, M., & Bitenc, I. (2001). Sistemi za podporo odločanju. *LOPES*. Najdeno 11. oktobra 2001 na spletnem naslovu: <ftp://lopes1.fov.uni-mb.si/pub/odlocanje/SPO.zip>

48. Rajkovič, V. (2001). *Tim in sodobna informacijska tehnologija. Skrivnost ustvarjalnega tima*. Ljubljana: Dedalus.
49. Rhodes, C. P. (1994). *Decision Support systems: Theory and Practice*. Henley-on-Thames: Alfred Waller Ltd.
50. Rhoton, J. (2002). *The wireless Internet explained*. Woburn: Butterworth-Heinemann.
51. Rozman, R., Kovač, J., & Koletnik, F. (1993). *Management*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
52. Simon, A. H. et al. (1986). *Decision Making and Problem Solving*. Najdeno 8. maja 2003 na spletnem naslovu: <http://dieoff.org/page163.htm>
53. SIQ (2006). *Elektromagnetna sevanja*. Najdeno 15. marca 2008 na spletnem naslovu: <http://www.siq.si/index.php?id=1535>
54. Šet, A., Bohanec, M., & Krisper, M. (1995). Vrednana, program za vrednotenje in analizo variant v večparametrskem odločanju. *Zbornik 4. elektrotehniške in računalniške konference ERK'95* (str. 157-160). Ljubljana: Slovenska sekcija IEEE.
55. Štular, M. (2000). Mobilne komunikacije v Sloveniji in razvoj v prihodnjem obdobju. *Zbornik referatov Desete delavnice o telekomunikacijah (Vitel)*. Ljubljana: Elektrotehniška zveza Slovenije.
56. Štular, M., Umek, A., & Leonardis, S. (2000). *Tehnologija dostopovnih omrežij v informacijsko povezani družbi*. Ljubljana: Elektrotehniška zveza Slovenije.
57. Šušteršič, O., Rajkovič, V., & Kljajić, M. (1999). An evaluation of community nursing process in the frame of the international classification for nursing practice. *Zbornik ICNP and telematic applications for nurses in Europe: The telenurse experience* (str. 243-249). Amsterdam: IOS Press.
58. Tomažič, S. (2001). Tehnike prenosa v dostopovnih omrežjih / Dostop do telekomunikacijskih storitev. *Zbornik referatov Enajste delavnice o telekomunikacijah (Vitel)*. Ljubljana: Elektrotehniška zveza Slovenije.
59. Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Uradni list RS št. 79/1996.
60. Wheat, J., Hiser, R., Tucker, J., Neely, A., & McCullough, A. (2001). *Designing a Wireless Network*. Rockland: Syngress Publishing.
61. Zornada, L. (1999). *Model lupine ekspertnega sistema za podporo večkriterijskemu odločanju*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.

PRILOGE

KAZALO PRILOG

PRILOGA 1: SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC	1
PRILOGA 2: DEXi POROČILO ODLOČITVENEGA MODELA	3

PRILOGA 1: SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC

ATPC	Automatic Transmit Power Control	sposobnost avtomatičnega krmiljenja oddajne moči
ADM	Add & Drop Multiplexer	multiplekser z možnostjo dodajanja in odvzemanja signalov
BBE	Background Block Error	osnovna blokovna napaka
BER	Bit Error Rate	delež napačnih bitov
DCC	Data Communication Channel	podatkovni komunikacijski kanal
DNS	Domain Name System	sistem domenskih imen
DSL	Digital Subscriber Line	digitalni naročniški vod
DSP	Digital Signal Processing	digitalno signalno procesiranje
ES	Errored Second	sekunda z napačnimi biti
FEC	Forward Error Correction	vnapijšnje odpravljanje napak
FTP	File Transfer Protocol	protokol za prenos datotek
FTTH	Fiber to the home	optično vlakno do doma
GEO	Geostationary Orbit	geostacionarna zemeljska tirnica
GSM	Global System for Mobile Communications	globalni sistem mobilne telefonije
HTTP	HyperText Transfer Protocol	protokol za prenos hiperteksta
IP	Internet Protocol	internetni protokol
ISDN	Integrated Services Digital Network	digitalno omrežje z integriranimi storitvami
ITU	International Telecommunication Unit	mednarodna telekomunikacijska unija
LAN	Local Area Network	lokalno omrežje
LEO	Low Earth Orbit	nizka zemeljska tirnica
LMDS	Local Multipoint Distribution Service	krajevna večtočkovna razdelilna storitev
MEO	Medium Earth Orbit	srednja zemeljska tirnica
MIB	Management Information Base	baza upravljaljskih informacij
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Service	večkanalska večtočkovna razdelilna storitev
MTBF	Mean Time Between Failures	povprečni čas med napakama
NMS	Network Management System	sistem za upravljanje omrežja
NMT	Nordic Mobile Telephone	analogni sistem prve generacije
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	plesiohrona digitalna hierarhija
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	kvadraturno amplitudna modulacija
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	sinhrona digitalna hierarhija
SES	Severely Errored Seconds	sekunde z znatnim številom napačnih bitov
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol	preprosti protokol za elektronsko pošto
SNMP	Simple Network Management Protocol	preprosti protokol za upravljanje omrežja
STM	Synchronous Transfer Module	sinhroni transportni modul
STM-1	Synchronous Transport Module level 1	sinhroni transportni modul 1 stopnje
TCP	Transmission Control Protocol	protokol za nadzor prenosa

TDM	Time Division Multiplexing	časovni multipleks
UAS	Unavailable Seconds	nerazpoložljive sekunde
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System	univerzalen mobilni telekomunikacijski sistem
URL	Uniform resource locator	naslov vira v enotni obliki
VLAN	Virtual Local Area Network	navidezno lokalno računalniško omrežje
WWW	World Wide Web	svetovni splet
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	svetovno združljivo delovanje pri mikrovalovnem dostopu

PRILOGA 2: DEXI POROČILO ODLOČITVENEGA MODELA

DEXI

28.3.2010

Stran 1

Drevo kriterijev

Kriterij	Opis
TK SISTEM	Radijski sistem
Tehnične lastnosti	Tehnične značilnosti TK sistema
Splošne	Splošne tehnične lastnosti TK sistema
Primarne	Primarne splošne tehnične lastnosti TK sistema
Kvaliteta	Stopnja kakovosti sistema
Robustnost	MTBF - povprečni čas med napakama
Zanesljivost	Odpornost sistema na motnje in udarce
BER	Delež napačnih bitov
FEC	Naprejšnje odpravljanje napak
Modularnost	Modularnost sistema
Št. frekvenčnih pasov	Možnosti delovanja v različnih frekvenčnih pasovih
Nadgradnja	Možnosti in težavnost nadgradnje
Vmesniki	Število različnih vmesnikov in njihove kombinacije
Tipi modulacije	Možnost različnih tipov modulacije
Sekundarne	Sekundarne splošne tehnične lastnosti TK sistema
Dodatni kanali	Možnosti dodatnega prenosa signalov poleg osnovnega kanala
Uporabniški	Možnost uporabniškega kanala
Dodatni (2 Mbit/s)	Možnost dodatnega kanala za prenos podatkov
Službena zveza	Možnost in kvaliteta službene zveze
Ostalo	Druge pomembne karakteristike sistema
Skladnost s standardi	Kako je sistem skladen z različnimi standardi
Enostavnost sistema	Kako zahteven je sistem v smislu sestavnih delov in delovanja
Enostavnost montaže	Kako zahtevna je montaža sistema
Mehanske	Dimenzije in teža gradnikov sistema
Dimenzije	Mehanske dimenzije
Teža	Teža sistema
Radijske	Radijske tehnične karakteristike sistema
Oddajnik	Lastnosti radijskega oddajnika sistema
Oddajna moč	Moč oddajnika
Stabilnost frekvence	Odstopanja frekvence
Rang slabljenja Tx	Rang slabljenja oddajnega signala
Vrednost ATPC	Avtomatično krmiljenje oddajne moči
Sprejemnik	Lastnosti radijskega sprejemnika sistema
Občutljivost	Spodnji nivo sprejema signala, ko sistem še pravilno deluje
Preobremenitev	Zgornji nivo sprejema signala, ko sistem še pravilno deluje
Okoljske	Tehnične lastnosti sistema v smislu okoljskih karakteristik
Vlaga	Največja relativna vlaga, pri kateri sistem nemoteno deluje
Temperaturno območje	Razlika med najmanjšo in največjo temperaturo, pri kateri sistem nemoteno deluje
Nadmorska višina	Največja nadmorska višina, na kateri sistem nemoteno deluje
Upravljanje in podpora	Možnosti upravljanja in podpora sistema v smislu nadzora
Možnosti	Možnosti sistema v smislu upravljanja in podpore
Integracija	Možnost integracije nadzornega sistema z drugimi nadzornimi sistemi
Kaskadna topologija	Možnost kaskadnih topologij
Zunanji alarmi	Možnost priključitev zunanjih alarmov
SW izbira kanala	Izbira frekvenčnega kanala znotraj določenega obsega s pomočjo software-a
Monitoring	Spremljanje "obnašanja" sistema
Performance	Spremljanje zmogljivosti sistema
Sprejemni nivo	Možnost odčitavanja sprejemnega nivoja
Lokalni nadzor	Možnost in zmogljivost lokalnega nadzora sistema
Konfiguracija	Možnosti konfiguracije Nadzornega sistema
NMS vmesnik	Vmesnik za omrežni nadzorni sistem
Lokalna in daljinska	Možnosti lokalne in daljinske konfiguracije sistema
Združljivost z NMS	Zahtevnost združevanja nadzornega sistema z omrežnim nadzornim sistemom
Stroški lastništva	Vsi stroški povezani z nabavo in lastništvom sistema
Cena opreme	Nabavna cena sistema
Cena nadgradnje	Stroški povezani z morebitnimi nadgradnjami
Produkcijski stroški	Operativni stroški v zvezi s sistemom
Vzdrževanje	Stroški vzdrževanja sistema
Tehnična pomoč	Stroški povezani z zunanjo tehnično pomočjo
Montaža	Stroški montaže sistema

Zaloga vrednosti

Kriterij	Zaloga vrednosti
TK SISTEM	neustrezen ; delno ustrezen; <i>ustrezen</i> ; <i>zelo ustrezen</i>
Tehnične lastnosti	zelo slabe ; slabe; dobre; <i>odlične</i>
Splošne	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Primarne	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Kvaliteta	slaba ; srednja; <i>dobra</i>
Robustnost	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Zanesljivost	majhna ; srednja; <i>velika</i>
BER	velik ; srednji; <i>majhen</i>
FEC	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Modularnost	slaba ; dobra; <i>zelo dobra</i>
Št. frekvenčnih pasov	majhno ; srednje; <i>veliko</i>
Nadgradnja	zahtevna ; srednja; <i>enostavna</i>
Vmesniki	malo ; srednje; <i>veliko</i>
Tipi modulacije	malo ; srednje; <i>veliko</i>
Sekundarne	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Dodatni kanali	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Uporabniški	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Dodatni (2 Mbit/s)	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Službena zveza	nezadovoljivo ; zadovoljivo; <i>odlično</i>
Ostalo	slabo ; srednje; <i>dobro</i>
Skladnost s standardi	nezadovoljiva ; zadovoljiva; <i>zelo dobra</i>
Enostavnost sistema	zahtevna ; srednja; <i>enostavna</i>
Enostavnost montaže	zahtevna ; srednja; <i>enostavna</i>
Mehanske	slabe ; srednje; <i>dobre</i>
Dimenzije	velike ; srednje; <i>majhne</i>
Teža	velika ; srednja; <i>majhna</i>
Radijske	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Oddajnik	slab ; dober; <i>odličen</i>
Oddajna moč	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Stabilnost frekvence	nesprejemljiva ; sprejemljiva; <i>zelo dobra</i>
Rang slabljenja Tx	slab ; sprejemljiv; <i>zelo dober</i>
Vrednost ATPC	slaba ; srednja; <i>dobra</i>
Sprejemnik	slab ; dober; <i>odličen</i>
Občutljivost	slaba ; srednja; <i>dobra</i>
Preobremenitev	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Okoljske	nezadovoljive ; dobre; <i>odlične</i>
Vlaga	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Temperaturno območje	majhno ; srednje; <i>veliko</i>
Nadmorska višina	majhna ; srednja; <i>velika</i>
Upravljanje in podpora	zelo slabo ; slabo; dobro; <i>odlično</i>
Možnosti	neugodne ; ugodne; <i>zelo ugodne</i>
Integracija	ni mogoča ; pogojno mogoča; <i>je mogoča</i>
Kaskadna topologija	ni mogoča ; pogojno mogoča; <i>je mogoča</i>
Zunanji alarmi	nima ; v manjši meri; <i>v večji meri</i>
SW izbira kanala	ni mogoča ; pogojno mogoča; <i>je mogoča</i>
Monitoring	slab ; dober; <i>odličen</i>
Performance	slab ; dober; <i>odličen</i>
Sprejemni nivo	slab ; dober; <i>odličen</i>
Lokalni nadzor	slab ; dober; <i>odličen</i>
Konfiguracija	neugodna ; ugodna; <i>zelo ugodna</i>
NMS vmesnik	neugoden ; ugoden; <i>zelo ugoden</i>
Lokalna in daljinska	ni mogoča ; delno mogoča; <i>mogoča v celoti</i>
Združljivost z NMS	nemogoča ; zahtevna; <i>enostavna</i>
Stroški lastništva	visoki ; srednji; <i>nizki</i>
Cena opreme	visoka ; srednja; <i>nizka</i>
Cena nadgradnje	visoka ; srednja; <i>nizka</i>
Produkcijski stroški	visoki ; srednji; <i>nizki</i>
Vzdrževanje	visoka ; srednja; <i>nizka</i>
Tehnična pomoč	visoka ; srednja; <i>nizka</i>
Montaža	visoka ; srednja; <i>nizka</i>

TK SISTEM

Radijski sistem

1. **neustrezen**
2. delno ustrezen
3. *ustrezen*
4. *zelo ustrezen*

Tehnične lastnosti

Tehnične značilnosti TK sistema

1. **zelo slabe** obseg pokrivanja območja je kratek
2. slabe obseg pokrivanja območja je srednji
3. dobre veliko območje pokrivanja
4. *odlične*

Splošne

Splošne tehnične lastnosti TK sistema

1. **nezadovoljive** obseg pokrivanja območja je kratek
2. dobre obseg pokrivanja območja je srednji
3. *odlične* veliko območje pokrivanja

Primarne

Primarne splošne tehnične lastnosti TK sistema

1. **nezadovoljive** obseg pokrivanja območja je kratek
2. dobre obseg pokrivanja območja je srednji
3. *odlične* veliko območje pokrivanja

Kvaliteta

Stopnja kakovosti sistema

1. **slaba** sistem ima potrebne lastnosti
2. srednja sistem je dober
3. *dobra* sistem je nadpovprečno dober

Robustnost

MTBF - povprečni čas med napakama

1. **majhna**
2. srednja
3. *velika*

Zanesljivost

Odpornost sistema na motnje in udarce

1. **majhna**
2. srednja
3. *velika*

BER

Delež napačnih bitov

1. **velik**
2. srednji
3. *majhen*

FEC

Naprejšnje odpravljanje napak

1. **nezadovoljivo**
2. zadovoljivo
3. *odlično*

Modularnost

Modularnost sistema

1. **slaba** ponudnik nima dobre poprodajne podpore
2. **dobra** ponudnik ima dobro poprodajno podporo
3. **zelo dobra** ponudnik zagotavlja zelo dobro podporo

Št. frekvenčnih pasov

Možnosti delovanja v različnih frekvenčnih pasovih

1. **majhno**
2. **srednje**
3. **veliko**

Nadgradnja

Možnosti in težavnost nadgradnje

1. **zahtevna**
2. **srednja**
3. **enostavna**

Vmesniki

Število različnih vmesnikov in njihove kombinacije

1. **malo** majhno število vmesnikov lahko priključimo
2. **srednje** srednje veliko vmesnikov lahko priključimo
3. **veliko** veliko vmesnikov lahko priključimo

Tipi modulacije

Možnost različnih tipov modulacije

1. **malo** majhno število različnih tipov modulacij
2. **srednje** srednje veliko različnih tipov modulacij
3. **veliko** veliko različnih tipov modulacij

Sekundarne

Sekundarne splošne tehnične lastnosti TK sistema

1. **nezadovoljive** obseg pokrivanja območja je kratek
2. **dobre** obseg pokrivanja območja je srednji
3. **odlične** veliko območje pokrivanja

Dodatni kanali

Možnosti dodatnega prenosa signalov poleg osnovnega kanala

1. **nezadovoljivo**
2. **zadovoljivo**
3. **odlično**

Uporabniški

Možnost uporabniškega kanala

1. **nezadovoljivo**
2. **zadovoljivo**
3. **odlično**

Dodatni (2 Mbit/s)

Možnost dodatnega kanala za prenos podatkov

1. **nezadovoljivo**
2. **zadovoljivo**
3. **odlično**

Službena zveza

Možnost in kvaliteta službene zveze

1. **nezadovoljivo**
2. zadovoljivo
3. *odlično*

Ostalo

Druge pomembne karakteristike sistema

1. **slabo** obseg pokrivanja območja je kratek
2. srednje obseg pokrivanja območja je srednji
3. *dobro* veliko območje pokrivanja

Skladnost s standardi

Kako je sistem skladen z različnimi standardi

1. **nezadovoljiva** sistem ima potrebne lastnosti
2. zadovoljiva
3. *zelo dobra* sistem je nadpovprečno dober

Enostavnost sistema

Kako zahteven je sistem v smislu sestavnih delov in delovanja

1. **zahtevna**
2. srednja
3. *enostavna*

Enostavnost montaže

Kako zahtevna je montaža sistema

1. **zahtevna**
2. srednja
3. *enostavna*

Mehanske

Dimenzije in teža gradnikov sistema

1. **slabe** obseg pokrivanja območja je kratek
2. srednje obseg pokrivanja območja je srednji
3. *dobre* veliko območje pokrivanja

Dimenzije

Mehanske dimenzije

1. **velike** enota je zelo opazna
2. srednje enota ni vpahljiva
3. *majhne* enota je skoraj neopazna

Teža

Teža sistema

1. **velika** enota je zelo opazna
2. srednja enota ni vpahljiva
3. *majhna* enota je skoraj neopazna

Radijske

Radijske tehnične karakteristike sistema

1. **nezadovoljive** obseg pokrivanja območja je kratek
2. dobre obseg pokrivanja območja je srednji
3. *odlične* veliko območje pokrivanja

Oddajnik

Lastnosti radijskega oddajnika sistema

1. **slab** ponudnik je v majhnem številu prisoten na trgu
2. **dober** ponudnik je prisoten na trgu
3. **odličen** ponudnik je zelo prisoten na trgu

Oddajna moč

Moč oddajnika

1. **majhna**
2. srednja
3. **velika**

Stabilnost frekvence

Odstopanja frekvence

1. **nesprejemljiva**
2. sprejemljiva
3. **zelo dobra**

Rang slabljenja Tx

Rang slabljenja oddajnega signala

1. **slab**
2. sprejemljiv
3. **zelo dober**

Vrednost ATPC

Avtomatično krmiljenje oddajne moči

1. **slaba**
2. srednja
3. **dobra**

Sprejemnik

Lastnosti radijskega sprejemnika sistema

1. **slab** ponudnik je v majhnem številu prisoten na trgu
2. **dober** ponudnik je prisoten na trgu
3. **odličen** ponudnik je zelo prisoten na trgu

Občutljivost

Spodnji nivo sprejema signala, ko sistem še pravilno deluje

1. **slaba** sistem ima potrebne lastnosti
2. srednja sistem je dober
3. **dobra** sistem je nadpovprečno dober

Preobremenitev

Zgornji nivo sprejema signala, ko sistem še pravilno deluje

1. **majhna**
2. srednja
3. **velika**

Okoljske

Tehnične lastnosti sistema v smislu okoljskih karakteristik

1. **nezadovoljive** obseg pokrivanja območja je kratek
2. **dobre** obseg pokrivanja območja je srednji
3. **odlične** veliko območje pokrivanja

Vlaga

Največja relativna vlaga, pri kateri sistem nemoteno deluje

1. **majhna**
2. srednja
3. *velika*

Temperaturno območje

Razlika med najmanjšo in največjo temperaturo, pri kateri sistem nemoteno deluje

1. **majhno**
2. srednje
3. *veliko*

Nadmorska višina

Največja nadmorska višina, na kateri sistem nemoteno deluje

1. **majhna**
2. srednja
3. *velika*

Upravljanje in podpora

Možnosti upravljanja in podpora sistema v smislu nadzora

1. **zelo slabo** karakteristike, ki zadostujejo kriterijem
2. slabo karakteristike, ki so boljše od zahtevanih
3. dobro karakteristike, ki so zelo ugodne
4. *odlično* karakteristike so najboljše

Možnosti

Možnosti sistema v smislu upravljanja in podpore

1. **neugodne** nesprejemljiva za naše zmožnosti
2. ugodne sprejemljiva
3. *zelo ugodne* zelo sprejemljiva

Integracija

Možnost integracije nadzornega sistema z drugimi nadzornimi sistemi

1. **ni mogoča**
2. pogojno mogoča
3. *je mogoča*

Kaskadna topologija

Možnost kaskadnih topologij

1. **ni mogoča**
2. pogojno mogoča
3. *je mogoča*

Zunanji alarmi

Možnost priključitev zunanjih alarmov

1. **nima**
2. v manjši meri
3. *v večji meri*

SW izbira kanala

Izbira frekvenčnega kanala znotraj določenega obsega s pomočjo software-a

1. **ni mogoča**
2. pogojno mogoča
3. *je mogoča*

Monitoring

Spremljanje "obnašanja" sistema

1. **slab** ponudnik je v majhnem številu prisoten na trgu
2. **dober** ponudnik je prisoten na trgu
3. **odličen** ponudnik je zelo prisoten na trgu

Performance

Spremljanje zmogljivosti sistema

1. **slab** ponudnik je v majhnem številu prisoten na trgu
2. **dober** ponudnik je prisoten na trgu
3. **odličen** ponudnik je zelo prisoten na trgu

Sprejemni nivo

Možnost odčitavanja sprejemnega nivoja

1. **slab** obseg pokrivanja območja je srednji
2. **dober** veliko območje pokrivanja
3. **odličen**

Lokalni nadzor

Možnost in zmogljivost lokalnega nadzora sistema

1. **slab** ponudnik je v majhnem številu prisoten na trgu
2. **dober** ponudnik je prisoten na trgu
3. **odličen** ponudnik je zelo prisoten na trgu

Konfiguracija

Možnosti konfiguracije Nadzornega sistema

1. **neugodna** čas garancije je kratek
2. **ugodna** dolg garancijski čas
3. **zelo ugodna** garancijski čas je zelo dolg

NMS vmesnik

Vmesnik za omrežni nadzorni sistem

1. **neugoden**
2. **ugoden**
3. **zelo ugoden**

Lokalna in daljinska

Možnosti lokalne in daljinske konfiguracije sistema

1. **ni mogoča**
2. **delno mogoča**
3. **mogoča v celoti**

Združljivost z NMS

Zahtevnost združevanja nadzornega sistema z omrežnim nadzornim sistemom

1. **nemogoča**
2. **zahtevna**
3. **enostavna**

Stroški lastništva

Vsi stroški povezani z nabavo in lastništvom sistema

1. **visoki**
2. **srednji**
3. **nizki**

Cena opreme

Nabavna cena sistema

1. **visoka**
2. srednja
3. *nizka*

Cena nadgradnje

Stroški povezani z morebitnimi nadgradnjami

1. **visoka**
2. srednja
3. *nizka*

Produksijski stroški

Operativni stroški v zvezi s sistemom

1. **visoki**
2. srednji
3. *nizki*

Vzdrževanje

Stroški vzdrževanja sistema

1. **visoka**
2. srednja
3. *nizka*

Tehnična pomoč

Stroški povezani z zunanjo tehnično pomočjo

1. **visoka**
2. srednja
3. *nizka*

Montaža

Stroški montaže sistema

1. **visoka**
2. srednja
3. *nizka*

Tabele odločitvenih pravil

	Tehnične lastnosti	Upravljanje in podpora	Stroški lastništva	TK SISTEM
	51%	29%	20%	
1	zelo slabe	zelo slabo	*	neustrezen
2	zelo slabe	<=slabo	<=srednji	neustrezen
3	zelo slabe	<=dobro	visoki	neustrezen
4	<=slabe	zelo slabo	visoki	neustrezen
5	zelo slabe	<i>odlično</i>	*	delno ustrezen
6	<=slabe	<i>odlično</i>	visoki	delno ustrezen
7	<i>odlične</i>	>=dobro	>=srednji	<i>zelo ustrezen</i>

	Splošne	Radijske	Okoljske	Tehnične lastnosti
	40%	40%	20%	
1	nezadovoljive	nezadovoljive	*	zelo slabe
2	nezadovoljive	<=dobre	nezadovoljive	zelo slabe
3	<=dobre	nezadovoljive	nezadovoljive	zelo slabe
4	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>	>=dobre	<i>odlične</i>

Primarne	Sekundarne	Splošne
67%	33%	
1 nezadovoljive	<=dobre	nezadovoljive
2 odlične	>=dobre	odlične

Kvaliteta	Modularnost	Primarne
60%	40%	
1 slaba	<=dobra	nezadovoljive
2 dobra	zelo dobra	odlične

	Robustnost	Zanesljivost	BER	FEC	Kvaliteta
	30%	30%	26%	14%	
1	majhna	majhna	velik	*	slaba
2	majhna	majhna	<=srednji	<=zadovoljivo	slaba
3	majhna	<=srednja	velik	<=zadovoljivo	slaba
4	<=srednja	majhna	velik	<=zadovoljivo	slaba
5	srednja	majhna	*	odlično	srednja
6	srednja	<=srednja	<=srednji	odlično	srednja
7	srednja	*	velik	odlično	srednja
8	>=srednja	majhna	<=srednji	odlično	srednja
9	>=srednja	<=srednja	velik	odlično	srednja
10	srednja	majhna	>=srednji	*	srednja
11	srednja	<=srednja	srednji	*	srednja
12	srednja	<=srednja	>=srednji	<=zadovoljivo	srednja
13	>=srednja	majhna	srednji	*	srednja
14	>=srednja	majhna	>=srednji	<=zadovoljivo	srednja
15	>=srednja	srednja	velik	*	srednja
16	velika	<=srednja	velik	*	srednja
17	*	velika	majhen	odlično	dobra
18	>=srednja	velika	majhen	*	dobra
19	velika	>=srednja	>=srednji	>=zadovoljivo	dobra
20	velika	>=srednja	majhen	*	dobra
21	velika	velika	*	>=zadovoljivo	dobra
22	velika	velika	>=srednji	*	dobra

Št. frekvenčnih pasov	Nadgradnja	Vmesniki	Tipi modulacije	Modularnost	
20%	30%	30%	20%		
1	majhno	zahtevna	malo	*	slaba
2	majhno	zahtevna	<=srednje	<=srednje	slaba
3	majhno	<=srednja	malo	<=srednje	slaba
4	<=srednje	zahtevna	malo	<=srednje	slaba
5	<=srednje	zahtevna	<=srednje	malo	slaba
6	<=srednje	<=srednja	malo	malo	slaba
7	*	zahtevna	malo	malo	slaba
8	<=srednje	srednja	>=srednje	<=srednje	dobra
9	<=srednje	>=srednja	srednje	<=srednje	dobra
10	*	srednja	srednje	*	dobra
11	srednje	<=srednja	>=srednje	srednje	dobra
12	srednje	*	srednje	srednje	dobra
13	>=srednje	<=srednja	srednje	>=srednje	dobra
14	srednje	srednja	*	srednje	dobra
15	srednje	>=srednja	<=srednje	srednje	dobra
16	>=srednje	srednja	<=srednje	>=srednje	dobra
17	>=srednje	enostavna	veliko	>=srednje	zelo dobra
18	veliko	>=srednja	veliko	>=srednje	zelo dobra
19	veliko	enostavna	>=srednje	>=srednje	zelo dobra
20	veliko	enostavna	veliko	*	zelo dobra

	Dodatni kanali	Ostalo	Mehanske	Sekundarne
	35%	35%	30%	
1	nezadovoljivo	slabo	<=srednje	nezadovoljive
2	<=zadovoljivo	srednje	<=srednje	dobre
3	<=zadovoljivo	>=srednje	slabe	dobre
4	*	srednje	slabe	dobre
5	zadovoljivo	<=srednje	<=srednje	dobre
6	zadovoljivo	*	slabe	dobre
7	>=zadovoljivo	<=srednje	slabe	dobre
8	odlično	dobro	*	odlične

	Uporabniški	Dodatni (2 Mbit/s)	Službena zveza	Dodatni kanali
	20%	40%	40%	
1	<=zadovoljivo	nezadovoljivo	nezadovoljivo	nezadovoljivo
2	<=zadovoljivo	nezadovoljivo	>=zadovoljivo	zadovoljivo
3	<=zadovoljivo	<=zadovoljivo	zadovoljivo	zadovoljivo
4	*	nezadovoljivo	zadovoljivo	zadovoljivo
5	*	odlično	>=zadovoljivo	odlično

	Skladnost s standardi	Enostavnost sistema	Enostavnost montaže	Ostalo
	20%	40%	40%	
1	<=zadovoljiva	zahtevna	zahtevna	slabo
2	<=zadovoljiva	zahtevna	>=srednja	srednje
3	<=zadovoljiva	<=srednja	srednja	srednje
4	*	zahtevna	srednja	srednje
5	*	enostavna	>=srednja	dobro

	Dimenzije	Teža	Mehanske
	50%	50%	
1	velike	<=srednja	slabe
2	<=srednje	velika	slabe
3	>=srednje	majhna	dobre
4	majhne	>=srednja	dobre

	Oddajnik	Sprejemnik	Radijske
	50%	50%	
1	slab	<=dober	nezadovoljive
2	<=dober	slab	nezadovoljive
3	>=dober	odličen	odlične
4	odličen	>=dober	odlične

	Oddajna moč	Stabilnost frekvence	Rang slabljenja Tx	Vrednost ATPC	Oddajnik
	29%	25%	21%	25%	
1	majhna	nesprejemljiva	slab	*	slab
2	majhna	nesprejemljiva	*	<=srednja	slab
3	majhna	<=sprejemljiva	slab	<=srednja	slab
4	<=srednja	nesprejemljiva	slab	<=srednja	slab
5	majhna	>=sprejemljiva	>=sprejemljiv	>=srednja	dober
6	majhna	zelo dobra	*	>=srednja	dober
7	majhna	zelo dobra	>=sprejemljiv	*	dober
8	>=srednja	zelo dobra	slab	<=srednja	dober
9	>=srednja	zelo dobra	<=sprejemljiv	slaba	dober
10	velika	>=sprejemljiva	slab	<=srednja	dober
11	velika	>=sprejemljiva	<=sprejemljiv	slaba	dober
12	>=srednja	zelo dobra	zelo dober	>=srednja	odličen
13	velika	>=sprejemljiva	zelo dober	>=srednja	odličen
14	velika	zelo dobra	>=sprejemljiv	>=srednja	odličen
15	velika	zelo dobra	zelo dober	*	odličen

Občutljivost Preobremenitev Sprejemnik

	50%	50%	
1	slaba	<=srednja	slab
2	<=srednja	majhna	slab
3	>=srednja	velika	odličen
4	dobra	>=srednja	odličen

	Vlaga	Temperaturno območje	Nadmorska višina	Okoljske
	25%	50%	25%	
1	majhna	majhno	*	nezadovoljive
2	majhna	<=srednje	majhna	nezadovoljive
3	<=srednja	majhno	<=srednja	nezadovoljive
4	*	majhno	majhna	nezadovoljive
5	*	srednje	srednja	dobre
6	>=srednja	srednje	<=srednja	dobre
7	velika	<=srednje	srednja	dobre
8	>=srednja	veliko	>=srednja	odlične
9	velika	veliko	*	odlične

Možnosti Monitoring Konfiguracija Upravljanje in podpora

	30%	41%	30%	
1	neugodne	slab	neugodna	zelo slabo
2	>=ugodne	odličen	zelo ugodna	odlično

	Integracija	Kaskadna topologija	Zunanji alarmi	SW izbira kanala	Možnosti
	39%	20%	20%	20%	
1	ni mogoča	ni mogoča	nima	*	neugodne
2	ni mogoča	ni mogoča	<=v manjši meri	<=pogojno mogoča	neugodne
3	ni mogoča	<=pogojno mogoča	nima	<=pogojno mogoča	neugodne
4	je mogoča	>=pogojno mogoča	v večji meri	*	zelo ugodne
5	je mogoča	je mogoča	>=v manjši meri	*	zelo ugodne

Performance Sprejemni nivo Lokalni nadzor Monitoring

	39%	30%	30%	
1	slab	slab	<=dober	slab
2	slab	<=dober	slab	slab
3	<=dober	slab	slab	slab
4	>=dober	odličen	>=dober	odličen
5	odličen	>=dober	>=dober	odličen
6	odličen	odličen	*	odličen

NMS vmesnik Lokalna in daljinska Združljivost z NMS Konfiguracija

	33%	33%	33%	
1	neugoden	ni mogoča	<=zahtevna	neugodna
2	zelo ugoden	ni mogoča	<=zahtevna	ugodna
3	zelo ugoden	<=delno mogoča	nemogoča	ugodna
4	>=ugoden	>=delno mogoča	enostavna	zelo ugodna
5	zelo ugoden	*	enostavna	zelo ugodna
6	zelo ugoden	>=delno mogoča	>=zahtevna	zelo ugodna

Cena opreme Cena nadgradnje Produksijski stroški Stroški lastništva

	50%	17%	33%	
1	visoka	<=srednja	<=srednji	visoki
2	visoka	nizka	>=srednji	srednji
3	<=srednja	nizka	srednji	srednji
4	nizka	*	>=srednji	nizki

	Vzdrževanje	Tehnična pomoč	Montaža	Prokucijjski stroški
	50%	20%	30%	
1	visoka	visoka	*	visoki
2	visoka	<=srednja	<=srednja	visoki
3	visoka	*	visoka	visoki
4	<=srednja	visoka	visoka	visoki
5	srednja	>=srednja	*	srednji
6	>=srednja	srednja	<=srednja	srednji
7	>=srednja	>=srednja	visoka	srednji
8	nizka	*	nizka	nizki
9	nizka	nizka	>=srednja	nizki

Povprečne uteži

Kriterij	Lokalne	Globalne	Lok.norm.	Glob.norm.
TK SISTEM				
Tehnične lastnosti	50,7	50,7	53,3	53,3
Splošne	40,0	20,3	40,0	21,3
Primarne	66,7	13,5	66,7	14,2
Kvaliteta	60,0	8,1	60,0	8,5
Robustnost	30,3	2,5	30,3	2,6
Zanesljivost	30,3	2,5	30,3	2,6
BER	25,8	2,1	25,8	2,2
FEC	13,6	1,1	13,6	1,2
Modularnost	40,0	5,4	40,0	5,7
Št. frekvenčnih pasov	20,0	1,1	20,0	1,1
Nadgradnja	30,0	1,6	30,0	1,7
Vmesniki	30,0	1,6	30,0	1,7
Tipi modulacije	20,0	1,1	20,0	1,1
Sekundarne	33,3	6,8	33,3	7,1
Dodatni kanali	35,0	2,4	35,0	2,5
Uporabniški	20,0	0,5	20,0	0,5
Dodatni (2 Mbit/s)	40,0	0,9	40,0	1,0
Službena zveza	40,0	0,9	40,0	1,0
Ostalo	35,0	2,4	35,0	2,5
Skladnost s standardi	20,0	0,5	20,0	0,5
Enostavnost sistema	40,0	0,9	40,0	1,0
Enostavnost montaže	40,0	0,9	40,0	1,0
Mehanske	30,0	2,0	30,0	2,1
Dimenzije	50,0	1,0	50,0	1,1
Teža	50,0	1,0	50,0	1,1
Radijske	40,0	20,3	40,0	21,3
Oddajnik	50,0	10,1	50,0	10,7
Oddajna moč	29,2	3,0	29,2	3,1
Stabilnost frekvence	25,0	2,5	25,0	2,7
Rang slabljenja Tx	20,8	2,1	20,8	2,2
Vrednost ATPC	25,0	2,5	25,0	2,7
Sprejemnik	50,0	10,1	50,0	10,7
Občutljivost	50,0	5,1	50,0	5,3
Preobremenitev	50,0	5,1	50,0	5,3
Okoljske	20,0	10,1	20,0	10,7
Vlaga	25,0	2,5	25,0	2,7
Temperaturno območje	50,0	5,1	50,0	5,3
Nadmorska višina	25,0	2,5	25,0	2,7
Upravljanje in podpora	29,3	29,3	30,9	30,9
Možnosti	29,6	8,7	29,6	9,1
Integracija	39,1	3,4	39,1	3,6
Kaskadna topologija	20,3	1,8	20,3	1,9
Zunanji alarmi	20,3	1,8	20,3	1,9
SW izbira kanala	20,3	1,8	20,3	1,9
Monitoring	40,7	12,0	40,7	12,6
Performance	39,1	4,7	39,1	4,9
Sprejemni nivo	30,4	3,6	30,4	3,8
Lokalni nadzor	30,4	3,6	30,4	3,8
Konfiguracija	29,6	8,7	29,6	9,1
NMS vmesnik	33,3	2,9	33,3	3,0
Lokalna in daljinska	33,3	2,9	33,3	3,0
Združljivost z NMS	33,3	2,9	33,3	3,0
Stroški lastništva	20,0	20,0	15,8	15,8
Cena opreme	50,0	10,0	50,0	7,9
Cena nadgradnje	16,7	3,3	16,7	2,6
Produksijski stroški	33,3	6,7	33,3	5,3
Vzdrževanje	50,0	3,3	50,0	2,6
Tehnična pomoč	20,0	1,3	20,0	1,1
Montaža	30,0	2,0	30,0	1,6

Rezultati vrednotenja

Kriterij	Sistem A	Sistem B	Sistem C	Sistem D
TK SISTEM	<i>zelo ustrezen</i>	<i>ustrezen</i>	<i>ustrezen</i>	<i>ustrezen</i>
Tehnične lastnosti	<i>odlične</i>	dobre	dobre	dobre
Splošne	<i>odlične</i>	dobre	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>
Primarne	<i>odlične</i>	dobre	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>
Kvaliteta	<i>dobra</i>	srednja	<i>dobra</i>	<i>dobra</i>
Robustnost	<i>velika</i>	srednja	<i>velika</i>	srednja
Zanesljivost	<i>velika</i>	srednja	<i>velika</i>	srednja
BER	<i>majhen</i>	srednji	srednji	<i>majhen</i>
FEC	zadovoljivo	zadovoljivo	zadovoljivo	<i>odlično</i>
Modularnost	<i>zelo dobra</i>	slaba	<i>zelo dobra</i>	<i>zelo dobra</i>
Št. frekvenčnih pasov	<i>veliko</i>	majhno	<i>veliko</i>	<i>veliko</i>
Nadgradnja	<i>enostavna</i>	srednja	srednja	<i>enostavna</i>
Vmesniki	<i>veliko</i>	malo	<i>veliko</i>	srednje
Tipi modulacije	srednje	malo	srednje	<i>veliko</i>
Sekundarne	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>	dobre
Dodatni kanali	<i>odlično</i>	zadovoljivo	<i>odlično</i>	<i>odlično</i>
Uporabniški	zadovoljivo	zadovoljivo	<i>odlično</i>	<i>odlično</i>
Dodatni (2 Mbit/s)	zadovoljivo	<i>odlično</i>	zadovoljivo	zadovoljivo
Službena zveza	<i>odlično</i>	nezadovoljivo	zadovoljivo	zadovoljivo
Ostalo	<i>dobro</i>	<i>dobro</i>	<i>dobro</i>	srednje
Skladnost s standardi	<i>zelo dobra</i>	zadovoljiva	zadovoljiva	zadovoljiva
Enostavnost sistema	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	srednja
Enostavnost montaže	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	srednja
Mehanske	<i>dobre</i>	srednje	<i>dobre</i>	slabe
Dimenzije	<i>majhne</i>	srednje	srednje	velike
Teža	<i>majhna</i>	srednja	<i>majhna</i>	velika
Radijske	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>	dobre	dobre
Oddajnik	<i>odličen</i>	<i>odličen</i>	dober	dober
Oddajna moč	<i>velika</i>	<i>velika</i>	majhna	majhna
Stabilnost frekvence	sprejemljiva	<i>zelo dobra</i>	sprejemljiva	sprejemljiva
Rang slabljenja Tx	sprejemljiv	sprejemljiv	<i>zelo dober</i>	sprejemljiv
Vrednost ATPC	<i>dobra</i>	<i>dobra</i>	srednja	srednja
Sprejemnik	<i>odličen</i>	<i>odličen</i>	dober	dober
Občutljivost	srednja	<i>dobra</i>	srednja	srednja
Preobremenitev	<i>velika</i>	<i>velika</i>	srednja	srednja
Okoljske	<i>odlične</i>	<i>odlične</i>	dobre	<i>odlične</i>
Vlaga	<i>velika</i>	<i>velika</i>	<i>velika</i>	<i>velika</i>
Temperaturno območje	srednje	srednje	srednje	<i>veliko</i>
Nadmorska višina	<i>velika</i>	<i>velika</i>	srednja	<i>velika</i>
Upravljanje in podpora	<i>odlično</i>	<i>odlično</i>	dobro	dobro
Možnosti	<i>zelo ugodne</i>	<i>zelo ugodne</i>	ugodne	<i>zelo ugodne</i>
Integracija	<i>je mogoča</i>	pogojno mogoča	pogojno mogoča	pogojno mogoča
Kaskadna topologija	<i>je mogoča</i>	<i>je mogoča</i>	<i>je mogoča</i>	<i>je mogoča</i>
Zunanji alarmi	v manjši meri	<i>v večji meri</i>	nima	<i>v večji meri</i>
SW izbira kanala	<i>je mogoča</i>	pogojno mogoča	<i>je mogoča</i>	<i>je mogoča</i>
Monitoring	dober	<i>odličen</i>	dober	dober
Performance	dober	dober	dober	<i>odličen</i>
Sprejemni nivo	dober	<i>odličen</i>	dober	slab
Lokalni nadzor	dober	<i>odličen</i>	dober	dober
Konfiguracija	<i>zelo ugodna</i>	<i>zelo ugodna</i>	<i>zelo ugodna</i>	ugodna
NMS vmesnik	ugoden	<i>zelo ugoden</i>	<i>zelo ugoden</i>	ugoden
Lokalna in daljinska	delno mogoča	<i>mogoča v celoti</i>	delno mogoča	delno mogoča
Združljivost z NMS	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	<i>enostavna</i>	zahtevna
Stroški lastništva	<i>nizki</i>	visoki	srednji	srednji
Cena opreme	<i>nizka</i>	visoka	srednja	srednja
Cena nadgradnje	<i>nizka</i>	visoka	srednja	<i>nizka</i>
Produksijski stroški	<i>nizki</i>	srednji	srednji	srednji
Vzdrževanje	<i>nizka</i>	srednja	srednja	srednja
Tehnična pomoč	<i>nizka</i>	visoka	srednja	<i>nizka</i>
Montaža	srednja	srednja	srednja	visoka

Grafikon

