

Višekriterijska i usporedna analiza efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava

Jardas Antonić, Jelena

Doctoral thesis / Disertacija

2011

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:188:526731>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka Library - SVKRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
EKONOMSKI FAKULTET

JELENA JARDAS ANTONIĆ

**VIŠEKRITERIJSKA I USPOREDNA ANALIZA EFIKASNOSTI
ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA GRADSKIH UPRAVA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

RIJEKA, 2011.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
EKONOMSKI FAKULTET

JELENA JARDAS ANTONIĆ

**VIŠEKRITERIJSKA I USPOREDNA ANALIZA EFIKASNOSTI
ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA GRADSKIH UPRAVA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

RIJEKA, LIPANJ 2011.

PODACI O DOKTORANDICI

Ime i prezime	Jelena Jardas Antičić
Datum i mjesto rođenja	25.06.1975. , Rijeka
Naziv završenog fakulteta	Filozofski fakultet u Rijeci
Godina diplomiranja	1999.
Smjer poslijediplomskog studija	Operacijska istraživanja
Fakultet na kojem je obranjen magistarski rad	Ekonomski fakultet - Zagreb
Godina magistriranja	2005.

PODACI O DOKTORSKOJ DISERTACIJI

Naslov disertacije	Višekriterijska i usporedna analiza elektroničkog poslovanja gradskih uprava
Fakultet na kojem je obranjena disertacija	Ekonomski fakultet u Rijeci

POVJERENSTVA, OCJENA I OBRANA DOKTORSKE DISERTACIJE

Datum prijave disertacije	23.12.2008.
Povjerenstvo za ocjenu prava pokretanja postupka stjecanja doktorata znanosti i podobnosti teme doktorske disertacije	1. doc.dr.sc. Alemka Šegota 2. prof.dr.sc. Maja Biljan-August 3. prof.dr.sc.Vlasta Bahovec
Datum prihvaćanja teme	06.07.2009.
Mentor	Doc.dr.sc. Alemka Šegota
Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije	1. prof. dr. sc. Maja Biljan-August 2. doc.dr.sc. Alemka Šegota 3. prof.dr.sc.Vlasta Bahovec
Povjerenstvo za obranu disertacije	1. prof.dr.sc. Maja Biljan-August 2. doc.dr.sc. Alemka Šegota 3. prof.dr.sc.Vlasta Bahovec
Datum obrane doktorske disertacije	20.06.2011.

KAZALO

PREDGOVOR

SAŽETAK

SUMMARY

1. UVOD	1
1.1 PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA	3
1.2 ZNANSTVENA HIPOTEZA I POMOĆNE HIPOTEZE	4
1.3 SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	6
1.4 OCJENA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	8
1.5 STRUKTURA RADA	10
2. VIŠEKRITERIJSKO ODLUČIVANJE	15
2.1 POJAM VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA	16
2.1.1 KRITERIJI ODLUČIVANJA	17
2.1.2 KRITERIJI PREMA KORELACIJI VRIJEDNOSTI I KORISNOSTI	18
2.1.3 ODABIR I FORMIRANJE KRITERIJA	18
2.2 METODE VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA	19
2.2.1 NEKOMPENZACIJSKE METODE	21
2.2.2 METODA TOPSIS	25
2.2.3 METODA ELECTRE	27
2.2.4 METODA PROMETHEE	29
2.2.5 AHP METODA	32
2.2.6 USPOREDBA METODA VIŠEKRITERIJSKE ANALIZE	33
3. ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES (AHP)	35
3.1 HIJERARHIJSKA STRUKTURA AHP METODE	38
3.2 METRIKA AHP METODE	42
3.2.1 SAATY-EVA SKALA	43
3.3 AKSIOMI ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA I NJIHOVE POSLJEDICE	48
3.4 DODIJELJIVANJE PRIORITETA	50
3.5 POJAM KONZISTENTNOSTI	52
3.5.1 IZRAČUNAVANJE KOEFICIJENTA KONZISTENTNOSTI	69

3.5.2	POJAM NEKONZISTENTNOSTI	71
3.6	PROVOĐENJE ANALIZE OSJETLJIVOSTI	73
3.7	MOGUĆNOSTI PRIMJENE AHP METODE	73
4.	ANALIZA OMEĐIVANJA PODATAKA (eng. DEA)	75
4.1	POJAM EFIKASNOSTI	76
4.1.1	DEFINICIJA I VRSTE EFIKASNOSTI	76
4.1.2	MJERENJE EFIKASNOSTI	82
4.2	OSNOVNI MODELI ANALIZE OMEĐIVANJA PODATAKA	85
4.2.1	CCR MODEL	85
4.2.1.1	CCR MODEL I DUALNI PROBLEM	95
4.2.1.2	OUTPUT- USMJERENI MODEL	102
4.2.2	BCC MODEL	105
4.2.2.1	NEGATIVNI PODACI	110
4.2.3	MODELI S KATEGORIJSKIM VARIJABLAMA	112
4.3.	RANGIRANJE EFIKASNIH JEDINICA ANALIZOM OMEĐIVANJA PODATAKA	117
4.3.1	UVODNE PRETPOSTAVKE MODELA	118
4.3.2	PROŠIRENI MODEL ANALIZE OMEĐIVANJA PODATAKA	119
4.3.3	SVOJSTVA VRIJEDNOSTI	121
4.4	PREDNOSTI I NEDOSTACI ANALIZE OMEĐIVANJA PODATAKA	123
5.	ZNAČAJKE I SIGURNOST ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA	124
5.1	E- POSLOVANJE	124
5.1.1	E- UPRAVA -ELEKTRONIČKO POSLOVANJE TIJELA JAVNE UPRAVE	125
5.1.2.	POVIJESNI PREGLED RAZVOJA ELEKTRONIČKE UPRAVE	127
5.1.3.	OBLICI I FAZE RAZVOJA E- UPRAVE	129
5.1.4	KONCEPT E-UPRAVE	131
5.1.5.	TEMELJNA STRUKTURA E-UPRAVE	139
5.1.6	E-UPRAVA U RH I SVIJETU	148
5.1.7.	E- UPRAVA NA LOKALNOJ RAZINI	153
5.1.8	PREDNOSTI SUVREMENE LOKANE E-UPRAVE	155

5.2 SIGURNOST ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA	164
5.2.1 INFORMACIJSKA SIGURNOST	165
5.2.2 SIGURNOSNA POLITIKA	166
5.2.3 SIGURNOSNE PRIJETNJE INFORMACIJSKIM SUSTAVIMA	170
5.3 UPRAVLJANJE NEPREKIDNOŠĆU POSLOVANJA I OPORAVKOM NAKON ZASTOJA	172
5.3.1 PLANIRANJE KONTINUITETA POSLOVANJA	172
5.3.2 OPORAVAK NAKON INCIDENTA	173
5.3.3 IZRADA SIGURNOSNIH KOPIJA I ARHIVIRANJE PODATAKA	175
6. ANALIZA ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA GRADSKIH UPRAVA	176
6.1 ANALIZA INFORMACIJSKOG SUSTAVA GRADSKIH UPRAVA	177
6.2 FORMIRANJE HIJERARHIJSKE STRUKTURE	184
6.2.1 ODREĐIVANJE CILJA	185
6.2.2 FORMIRANJE KRITERIJA I PODKRITERIJA	186
6.2.3 ODREĐIVANJE ALTERNATIVA	188
6.2.4 ODREĐIVANJE TEŽINA I LOKALNIH PRIORITETA KRITERIJA I ALTERNATIVA	189
6.3 IZRADA DEA MODELA ZA OCJENU RELATIVNE EFIKASNOSTI E-POSLOVANJA	189
6.3.1 ODABIR JEDINICA	190
6.3.2 ODABIR INPUTA I OUTPUTA	192
6.3.3 POSTAVLJANJE OGRANIČENJA TEŽINA	193
6.3.4 POSTAVLJANJE KATEGORIJSKIH VARIJABLI	194
7. INTERPRETACIJA DOBIVENIH REZULTATA	195
7.1 OCJENA I INTERPRETACIJA DOBIVENIH REZULTATA	195
7.2 PROVOĐENJE ANALIZE OSJETLJIVOSTI	226
7.3 MJERE I PRIJEDLOZI ZA UNAPRJEĐENJE ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ	231
7.4 MOGUĆNOSTI DALJNJEG ISTRAŽIVANJA PRIMJENE ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA	232

8. ZAKLJUČAK	234
LITERATURA	240

POPIS TABLICA

POPIS SLIKA

POPIS SHEMA

POPIS GRAFIKONA

PRILOZI

PREDGOVOR

Elektroničko poslovanje predstavlja nužan preduvjet za sudjelovanje hrvatskog gospodarstva na svjetskom tržištu budući da ono ubrzava poslovne procese, smanjuje troškove i povećava efikasnost. Elektroničko poslovanje predstavlja infrastrukturu za kvalitetnije praćenje uporabe proizvoda i usluga, podizanje kvalitete te samim time i povećanje zadovoljstva korisnika sustava. Proces digitalizacije uključen je danas u sve sfere života, preko poslovne pa sve do privatne, mijenjajući način interakcije među ljudima, njihovu životnu okolinu i navike, pa se prirodno nameće pitanje kako se te promjene reflektiraju na državne institucije i njihovo poslovanje. Elektroničko poslovanje omogućava umrežavanje gospodarstva i time povećava sveukupnu nacionalnu konkurentnost. Iz svih navedenih razloga *Strategija razvitka elektroničkog poslovanja u RH za razdoblje 2007.-2010.* fokusirana je na povećanje konkurentnosti gospodarstva i povećanje djelotvornosti javnog sektora. Upravo je povećanje učinkovitosti elektroničkog poslovanja javne uprave kao i aktualnost same teme bila motivacija za pisanje ove doktorske disertacije. Efikasnost elektroničkog poslovanja vrlo je teško mjeriti pa se je u radu odlučilo koristiti analizu omeđivanja podataka i višekriterijsko odlučivanje kao dvije metodologije u čiju se analizu prilikom odlučivanja može pored kvantitativnih uključiti i kvalitativne faktore, a koje ujedno omogućavaju usporedbu istovrsnih jedinica. Također je bitno naglasiti da je analiza omeđivanja podataka (eng. Data Envelopment Analysis) odabrana upravo iz razloga što je nastala iz potrebe ocjene efikasnosti neprofitnih jedinica te što za relativno neefikasno ocjenjene jedinice omogućava izračun projekcija kao prijedlog mogućeg poboljšanja kojima bi one mogle ostvariti pomak na granicu efikasnosti.

Prilikom istraživanja i pisanja rada naišla sam na brojne teškoće. Literatura o elektroničkoj upravi, a posebno o njezinom uvođenju u RH je štura i rijetki je autori obrađuju i publiciraju radove na tu temu. Naime, kada se elektronička uprava spominje, najčešće se radi o tekstovima i dokumentima sa stranica e-Hrvatske Ministarstva uprave Republike Hrvatske i to isključivo na razini državne uprave dok se strategija e-uprave spominje samo usputno. Istraživanja na razini ispitivanja efikasnosti elektroničke uprave u RH uopće nema te je to bio dodatni motiv za pisanje ovog rada. Dodatna poteškoća je bila, što potrebni podaci nisu bili dostupni te je potrebno bilo provesti anketni upitnik kojim bi se oni prikupili za istraživanje u ovoj doktorskoj disertaciji.

Veliku pomoć i podršku u izradi ovoga rada pružila mi je mentorica doc.dr.sc. Alemka Šegota koja me je tijekom pisanja rada poticala i motivirala oplemenjujući svojim sugestijama moja razmišljanja, stavove i misli, i kojoj se iskreno zahvaljujem za pomoć u istraživanju i formuliranju rezultata istraživanja.

Ovom se prilikom zahvaljujem i red. prof. dr. sc. Vlasi Bahovec, te red.prof. dr. sc. Maji Biljan-August za sve savjete i sugestije prilikom izrade i obrane doktorske disertacije.

Roditeljima, suprugu i djeci zahvaljujem na iskazanom razumijevanju i strpljenju za vrijeme provedeno u istraživanju, a ne u druženju i igri.

Rijeka, travanj 2011.

Jelena Jardas Antonić

SAŽETAK

VIŠEKRITERIJSKA I USPOREDNA ANALIZA EFIKASNOSTI ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA GRADSKIH UPRAVA

Ulaskom u 21. stoljeće u svakom se segmentu ljudske djelatnosti osjeća snažan utjecaj globalizacije, informatizacije te razvoja novih tehnologija. U takvim uvjetima borbe za egzistenciju na tržištu, nužne su interne analize poslovanja poduzeća kao i analize cjelokupnog konkurentnog tržišta, koje se sve češće provode usporedno s razvojem metodološkog aparata za poslovna istraživanja. Obzirom na tendenciju preusmjeravanja cjelokupnog poslovanja na oblike elektroničkog poslovanja, opravdano je upitati se, koliko je taj sustav efikasan i koliko na njegovu efikasnost utječu faktori kao što je tehnološka opremljenost, educiranost zaposlenika, ispravna implementacija sustava i brojni drugi. Većinu tih potencijalnih nedostataka moguće je otkloniti ukoliko se prilikom implementiranja elektroničkog poslovanja prate standardi koji je Europska Unija (EU) uvela u sklopu svoje strategije na temu mrežne sigurnosti, računalnog kriminala i zaštite podataka u elektroničkoj komunikaciji.

Republika Hrvatska na putu je da postane članica EU. Jedan od zahtjeva koji se pred nju postavlja je usklađivanje zakonodavne regulative s pravnom stečevinom EU, a to se odnosi i na segment elektroničke uprave spram koje se postavlja zahtjev na uvođenje elektroničkog potpisa te usklađivanje standarda i zakona vezanih za elektroničku sigurnost. Upravo je težnja za što bržim uključivanjem u EU potaklo donošenje brojnih strateških dokumenata s područja e-Uprave kojima se uređuje na koji će se način prilagoditi zatečeno stanje elektroničkog poslovanja u javnim institucijama sa zahtjevima koje postavljaju standardi u EU, a koji je opisan Akcijskim planom u sklopu *Strategije razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2012. godine*. Također je sredinom 2010. godine izdan dokument Hrvatskog okvira za interoperabilnost koji omogućava da se uspostavi sustav e-Uprave koja će biti korisnički orijentirana.

Analiza efikasnosti jednog tako kompleksnog sustava nije jednostavna i stoga je u doktorskoj disertaciji za ocjenu efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava korištena analiza omeđivanja podataka kao najprikladnija metoda koja omogućava korištenje višestrukih inputa i outputa kvantitativne i kvalitativne prirode. Analizom omeđivanja podataka jedinice su selektirane na one relativno efikasne i relativno neefikasne, a potom su efikasne jedinice rangirane uz pomoć superefikasnosti (DEA) i analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). U analizi omeđivanja podataka korišteni su CCR i BCC modeli, a putem projekcija su, također, dobivene i konkretne mjere za poboljšanje relativne efikasnosti elektroničkog poslovanja svake neefikasne ocjenjene jedinice gradske uprave.

Međutim, obzirom na indeks e-Spremnosti prema kojem je RH rangirana na 54. mjesto i koji je dobiven obzirom na istraživanje fokusirano na institucije državne razine čija je e-Usluga na puno boljem stupnju razvoja od gradskih uprava koje pripadaju lokalnoj razini, te obzirom na dobivene podatke i provedenu analizu, može se zaključiti da e-poslovanje gradskih uprava na lokalnoj razini tek počinje razvijati i nalazi se, ovisno o pojedinoj gradskoj upravi, u prve dvije faze razvoja. Razlog tako niskog stupnja razvoja e-poslovanja većine gradskih uprava RH u odnosu na EU, nalazi se između ostalog, i u činjenici da se je kroz dokument Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009-2012 g. fokusiralo isključivo na implementaciju i razvoj e-poslovanja državnih institucija, dok su one na lokalnoj razini prepuštene inicijativi menadžerskog kadra.

KLJUČNE RIJEČI: relativna efikasnost, analiza omeđivanja podataka, višekriterijska analiza, elektronička uprava.

SUMMARY

MULTICRITERIA AND COMPARATIVE ANALYSIS OF LOCAL E-GOVERNMENT EFFICIENCY

Globalization, computerization and the development of new technologies have strongly impacted all spheres of human activity at the beginning of the 21st century. The conditions of market survival demand for internal analyses of business performance as well as the analyses of competitive markets of the company as a whole, which are increasingly conducted parallel to the use of business research methodological apparatus. Given the tendency to transform business operations to electronic forms, it is reasonable to ask about the efficiency of e-business and whether, and to what extent, do such factors as technological equipment, education of employees, proper implementation of the system and many other influence the effectiveness of this system. The limitations within these factors can be overcome if entities implement e-business standards advocated by the European Union as a part of its strategy in the fields of network security, computer crime and data protection in electronic communications.

The Republic of Croatia is on its path of becoming an EU member. One of the requirements placed before Croatia is the harmonization of its legislation with the *acquis communautaire*. This also refers to the claims towards the electronic government for the introduction of electronic signatures and harmonization of the standards and regulative related to electronic security. Croatia's aspiration for a faster integration into the EU, enhanced the adoption of a number of strategic documents relating to e-government that govern the way in which the current state of e-business in public institutions will adapt to the requirements set by EU standards described in the Action Plan within the Strategy for the Development of E-Government in the Republic of Croatia 2009 - 2012. Moreover, in June 2010, the Croatian government introduced the Croatian Interoperability Framework which will provide for a user-oriented e-government system.

Analysis of the effectiveness of such a complex system is not simple and therefore, within the framework of this doctoral dissertation analysing and assessing the efficiency of city government e-business, the author uses data envelopment analysis, as the most appropriate method which allows for the use of multiple inputs and outputs of quantitative and qualitative nature. The data envelopment analysis firstly selected units into those relatively efficient and those relatively inefficient. Later on, the efficient units were ranked using the superefficiency model (DEA) and analytic hierarchy process (AHP). The data envelopment analysis was conducted through the CCR and BCC models, and projections obtained concrete measures to improve the relative efficiency of electronic business operations each individual inefficient rated unite of city government.

However, considering the e-readiness index, according to which Croatia is ranked at 54th place and which was obtained through research focused at state-level institutions, whose e-services are at a higher level of development than those at local level i.e. city governments, and in view of the obtained data and conducted analysis, it can be concluded that e-business in city governments at local level is just starting to develop and is, depending on the individual city administration, in the first two development phases. The reason for such a low level of e-business operations of most city governments in Croatia, in relation to the EU, lies, among others, in the fact that the Strategy for the Development of E-Government in the Republic of Croatia 2009 – 2012 was mainly focused on the implementation and development of e-business in state institutions, while those governments at local level were left at the initiative of the managerial personnel.

Key words: relative efficiency, DEA, multi-criteria analysis, E-government

1. UVOD

Informacijska tehnologija prodire u sve industrijske, ekonomske i socijalne aktivnosti te na taj način pridonosi globalizaciji ekonomije, društvenoj interakciji i globalnoj razmjeni informacija. Internet ekonomija zauzima sve više mjesto klasične ekonomije, jer povećava tržište, smanjuje troškove, povećava poslovnu efikasnost te uklanja zapreke međunarodnoj razmjeni. Unatoč brojnih prednosti koje nudi elektroničko poslovanje, kako bi se zadržalo povjerenje klijenta, potrebno je odstraniti ili barem svesti na najmanju moguću mjeru nedostatke elektroničkog poslovanja koji bi to povjerenje mogli ugroziti, a to su neadekvatna infrastruktura, rizik prijave, krađa identiteta i mnogi drugi.

Ulaskom u treće tisućljeće u svakom se segmentu ljudske djelatnosti osjeća snažan utjecaj globalizacije, informatizacije te razvoja novih tehnologija. U tako nemilosrdnim uvjetima borbe za egzistenciju na tržištu, nužne su česte interne analize poslovanja poduzeća kao i analize cjelokupnog natjecateljskog tržišta koje se sve češće provode kako se razvija metodološki aparat za poslovna istraživanja. Budući da postoji tendencija da se cjelokupno poslovanje sve više preusmjeri na oblik elektroničkog poslovanja, opravdano je upitati se, koliko je taj sustav efikasan i koliko na njegovu efikasnost utječu faktori kao što je tehnološka opremljenost, educiranost zaposlenika, ispravna implementacija sustava i brojni drugi. Sve te nedostatke moguće je otkloniti ukoliko se prilikom implementiranja elektroničkog poslovanja prate standardi koji je EU uvela u sklopu svoje strategije na temu mrežne sigurnosti, računalnog kriminala i zaštite podataka u elektroničkoj komunikaciji.

Koliko je spomenuti problem aktualan potvrđuje i činjenica da je jedan od glavnih zadataka državnog Ureda e-Hrvatska donošenje tehničkih i normizacijskih pravila pri upotrebi informatičke opreme u tijelima državne uprave te razvitak elektroničkog poslovanja. Istraživanje provedeno u 2006. godini pokazalo je da poduzeća u Hrvatskoj ne koriste dovoljno elektroničko poslovanje, a ukoliko ga i koriste tada se ono svodi isključivo na elektroničko bankarstvo i online oglašavanje. Pokazalo se da su glavne prepreke za njegovo korištenje preferiranje osobne komunikacije i nedovoljna prihvaćenost takve vrste poslovanja u poslovnom okruženju, te nedovoljna educiranost i nepovjerenje kod zaposlenika u pogledu elektroničke tehnologije. U istom razdoblju državni ured e-Hrvatska promovira projekt e-Uprava kojim bi državne institucije povećale razinu transparentnosti u odnosu institucija-građani. Za razdoblje 2007-2010

Ministarstvo gospodarstva rada i poduzetništva, središnji državni ured za e-Hrvatsku i hrvatska gospodarska komora izdali su dokument pod nazivom „Strategija razvitka elektroničkog poslovanja u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007-2010“¹ koji bi omogućio da razvitkom elektroničkog poslovanja Republika Hrvatska do pristupanja EU postane ravnopravni i konkurentni sudionik na unutrašnjem tržištu EU.

Sve navedene činjenice razlog su više za ispitivanje efikasnosti elektroničkog poslovanja u okvirima gradskih uprava. Budući da se radi o specifičnom obliku poslovanja čija se efikasnost teško može ocijeniti klasičnim metodama koje nemaju mogućnosti u model inkorporirati veliki broj kvalitativnih kriterija koji utječu na njegovu efikasnost, pokazalo se da metoda analize omeđivanja podataka pored kvantitativnih omogućava inkorporiranje i kvalitativnih obilježja u model, te je kao takva pogodna za ocjenu efikasnosti elektroničkog poslovanja, jer spada u neparаметarske metode koje ne zahtijevaju funkcionalno određivanje granice efikasnosti. Efikasnost se u DEA metodi definira kao omjer težinske sume inputa i težinske sume outputa i zavisi o vrijednosti dodijeljenih težinskim koeficijentima. Iako je kao takva pogodna za ocjenu efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava, uočeni su nedostaci koji će se odstraniti korištenjem višekriterijske analize (AHP). Naime, prilikom ocjene efikasnosti DEA metodom, jedinice (gradske uprave) koje se ocjenjuju dijele se na efikasne i neefikasne pri čemu efikasne formiraju granicu efikasnosti i kao takve se međusobno ne mogu uspoređivati, jer su ocijenjene s maksimalnom vrijednosti 1. Tom problemu doskočit će se na način da će efikasne jedinice ući u model višekriterijske analize s istim kriterijima koji su korišteni u DEA metodi kao proizvoljni inputi i outputi, te će se rangirati obzirom na ocjenu efikasnosti elektroničkog poslovanja. Na taj način će se poboljšati i rezultati i metodologija DEA metode što će biti još jedan doprinos ove doktorske disertacije.

Dobiveni se rezultati mogu koristiti za ranije prepoznavanje slabosti unutar elektroničkog poslovanja pojedine gradske uprave, što menadžeru može pomoći da pravovremeno poduzme odgovarajuće preventivne mjere.

Sukladno svemu navedenom znanstveno je utemeljeno pisati na temu *analize efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava*, jer prema proučenoj literaturi takva analiza još nije provedena u RH, budući da je efikasnost elektroničkog poslovanja teško mjeriti te da je vrlo

¹ <http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11499.pdf>

teško numerički izraziti većinu outputa i inputa koji bi ušli u analizu omeđivanja podataka, jer su kvalitativnog karaktera.

Motivacija za pisanje ovog rada proizlazi iz potrebe za analizom stanja zatečenog u digitalnim servisima, te težnje da se ustanovi koliko oni odstupaju od svjetskih trendova i normativa. Menadžment javnog sektora mora biti svjestan da, što je tehnološki razvijenija razina usluge koju pruža i tehnologija koju pritom koristi, da je ujedno podložnija mogućoj zloupotrebi.

Namjera je da se ovim radom matematičkim alatima analizira zatečena situacija kao i odstupanja od svjetskih trendova i normativa u cilju ukazivanja na moguće posljedice i prijetnje ukoliko se najviše norme ne budu implementirale, te dati preporuke za njihovu implementaciju u svrhu povećanja efikasnosti poslovanja.

1.1 PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA

Hrvatska danas pokušava što prije dosegnuti nivo usluga koje ima Europska unija, te stihijski ulazi u masovnu digitalizaciju ne promišljajući o činjenici da digitalizacija usluga nije sama sebi svrha, već funkcionalnost koja će se postići prema krajnjem korisniku. Od tog trenda nisu izuzeta niti sveučilišta, zdravstvene institucije, lokalna i državna uprava, te veliki broj gospodarskih subjekata. Digitalizacija povjerljivih podataka bez adekvatne zaštite, koja nije sustavno implementirana, može rezultirati katastrofalnim učincima koji ne moraju odmah biti vidljivi, ali mogu nanijeti financijsku štetu velikih razmjera. Implementirati sustav elektroničkog poslovanja koji će biti efikasan smanjiti će na najmanju moguću mjeru sve ranije navedene prijetnje.

U kontekstu navedene problematike definira se i ***problem istraživanja***

U Republici Hrvatskoj još je uvijek nedovoljno teorijski i praktično obrađen problem adekvatne implementacije i efikasnosti e-poslovanja. Problem koji je uočen prilikom proučavanja elektroničkog poslovanja javnih ustanova je da se njegova efikasnost ne može ocijeniti klasičnim modelima budući da pored kvantitativnih postoji cijeli niz kvalitativnih obilježja kao što je složenost politike zaporki, stabilnost ponuđenog servisa, postojanje mogućnosti digitalnog potpisa, razina tehnološke educiranosti zaposlenika i drugi, koji su bitni za njezinu ocjenu.

Implementacija e-servisa koji nisu u skladu s postojećim normama može rezultirati nesagledivim financijskim gubicima. Stoga se ti problemi trebaju konzistentno istražiti, dijagnosticirati i primjereno riješiti, jer oni impliciraju brojne posljedice po pojedinca, gospodarstvo i društvo.

Iz takve problematike i problema istraživanja determinira se i **predmet istraživanja** prema kojemu je potrebno *istražiti i konzistentno utvrditi sve relevantne značajke elektroničkog poslovanja općenito, posebice procesa elektroničkog poslovanja u okvirima gradske uprave, te sukladno tome predložiti model višekriterijske i usporedne analize kojim bi se optimizirala razina efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava.*

1.2 ZNANSTVENA HIPOTEZA I POMOĆNE HIPOTEZE

U okviru determiniranog problema i predmeta istraživanja postavljena je temeljna **znanstvena hipoteza:**

Znanstvenim metodama moguće je dokazati da optimizacija elektroničkog poslovanja gradskih uprava u skladu s propisanim standardima povećava efikasnost njihova poslovanja. Temeljem toga moguće je formirati model analize omeđivanja podataka koji bi u kombinaciji s višekriterijskom analizom omogućio predlaganje mjera za povećanje efikasnosti elektroničkog poslovanja neefikasnih gradskih uprava.

Ovako postavljena hipoteza pretpostavlja spremnost za izmjenom percepcije o važnosti elektroničkog poslovanja i korištenja alata za optimizaciju u procesima odlučivanja, te mehanizma njihove implementacije.

Postavljena znanstvena hipoteza implicira više **pomoćnih hipoteza od kojih su one najbitnije:**

- Suvremeno poslovno okruženje sve je složenije i svaka fluktuacija uzrokovana incidentom na području elektroničkog poslovanja rezultira kaotičnim ponašanjem dotičnog sustava i velikim gubicima što dovodi do neefikasnosti. Iz tog je razloga potrebno konstantno praćenje i analiza e- poslovanja gradskih uprava kako bi se međusobnom usporedbom moglo izdvojiti efikasne od neefikasnih.
- Za povećanje efikasnosti elektroničkog poslovanja nužno je konstantno ulaganje u informatičku tehnologiju i konstantnu edukaciju zaposlenika kako bi se što lakše prilagodili promjenama koje su gotovo svakodnevne.
- Kako bi se potakao razvoj elektroničkog poslovanja neophodno je educirati menadžerski kadar o važnosti permanentne analize sustava da bi se mogao kontinuirano prilagođavati promjenama koje zahtjeva poslovno okruženje kako bi (p)ostao efikasan.
- Analiza omeđivanja podataka uz pomoć projekcija na granicu efikasnosti omogućuje menadžmentu da donese optimalne odluke kako bi e-poslovanje gradske uprave postalo efikasno.
- Prilikom ocjene efikasnosti jedinica gradskih uprava kod kojih se razmatra više inputa i outputa izraženih u različitim mjernim jedinicama potrebno je definirati sumarni pokazatelj efikasnosti. Analiza omeđivanja podataka će probleme agregacije promatranih inputa (outputa) riješiti prebacivanjem u jedan virtualni input (output) prikazan u obliku omjera težinske sume izlaza i težinske sume ulaza kako bi se omogućilo određivanje efikasnosti promatrane jedinice.
- Kombinacijom analize omeđivanja podataka i višekriterijske analize omogućit će se da se pored neefikasnih usporede i efikasne jedinice gradske uprave obzirom na sve odabrane kriterije. Analitički hijerarhijski proces omogućava da se na temelju pojedinačno određenih lokalnih prioriteta kriterija formira ukupni prioritet za svaku pojedinu gradsku

upravu na temelju čega se one potom rangiraju te odabire ona čija je efikasnost elektroničkog poslovanja najveća.

Najvažniji argumenti koji podupiru postavljenu temeljnu hipotezu i njezine pomoćne hipoteze su redom:

- Zahvaljujući globalizaciji računalnih mreža, računalni kriminal kao i nenamjerna zlouporaba predstavlja vrlo veliku prijetnju funkcioniranja gradske uprave, gospodarstva i društva.
- Standardizacija elektroničkog poslovanja i njegove zaštite u skladu s najvišim normama jedan je od zahtjeva suvremenog digitalnog poslovanja.
- AHP metoda identificira i analizira nekonzistentnosti odluka u procesu uspoređivanja elemenata hijerarhije.
- Korištenje DEA metode u procesima odlučivanja na razini menadžmenta tvrtke omogućit će povećanje efikasnosti sustava.
- Kombinacijom usporedne i višekriterijske analize omogućit će se međusobno uspoređivanje i efikasnih jedinica gradskih uprava što će poboljšati dobivene rezultate.
- Korištenje opisane metodologije višekriterijskog odlučivanja i usporedne analize na razini gradske uprave moći će poslužiti kao obrazac za ispitivanje elektroničkog poslovanja bilo koje druge institucije u kojoj je nužna visoka razina zaštite, tajnosti određenih podataka ili smjernice za povećanje efikasnosti.

1.3 SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Istražiti i analizirati sve relevantne značajke i čimbenike elektroničkog poslovanja u digitalnom okruženju kao i mogućnost njegove zloupotrebe. Višekriterijskim pristupom i usporednom analizom sagledati nekoliko mogućnosti poboljšanja e-poslovanja na razini gradske uprave kako bi se omogućila optimalna razina zaštite, ispitala efikasnost postojećeg elektroničkog poslovanja po svim postavljenim kriterijima, te analiziralo odstupanje od idealnog rješenja usporedbom sa trendovima u svijetu. Poboljšati rezultate DEA metode nadgradnjom modela višekriterijskom analizom kako bi se ustanovile razlike i među efikasnim jedinicama gradske uprave.

Kako bi se primjereno riješio problem istraživanja, ostvario predmet istraživanja, dokazala postavljena hipoteza te postigli svrha i ciljevi istraživanja, potrebno je dati znanstveno utemeljene odgovore na sljedeća pitanja:

1. U kojoj su mjeri analitički hijerarhijski proces i DEA pogodni za analizu problema elektroničkog poslovanja gradske uprave?
2. Kakvo je trenutačno stanje na području elektroničkog poslovanja u Republici Hrvatskoj?
3. Koliko se razlikuju Republika Hrvatska i EU u implementaciji zaštite elektroničkog poslovanja?
4. Koje su najčešće prijetnje e-poslovanja u Republici Hrvatskoj?
5. Koje je sve kriterije potrebno uzeti u razmatranje prilikom višekriterijske analize sustava elektroničkog poslovanja ?
6. Na koji način odabrati inpute i outpute u analizi omeđivanja podataka?
7. Na koji način dodijeliti težine i lokalne prioritete kriterijima i alternativama u hijerarhijskoj strukturi analitičkog hijerarhijskog procesa, te iskoristiti iste u formiranju ograničenja na težine u DEA metodi?
8. U kolikoj mjeri AHP i DEA metode međusobno upotpunjuju jedna drugu ?
9. Da li investiranje u e-poslovanje opravdava troškove?

10. Koliko je menadžment gradske uprave osviješten po pitanju važnosti uvođenja zaštite e-poslovanja i novog pristupa u odlučivanju?

1.4 OCJENA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Obzirom na navedenu literaturu s područja optimizacije vidljivo je da niti jedna bibliografska jedinica nije starija od sredine devedesetih godina, a članci s područja primjene analitičkog hijerarhijskog procesa pojavljuju se tek početkom 21. stoljeća jer je interes za metodu narastao obzirom na to da je metoda pretočena u softversku verziju koja je omogućila autorima da je lakše koriste bez velike količine ručnih kalkulacija. Također je vidljivo da je najviše teoretskih radova s područja analitičkog hijerarhijskog procesa napisan od strane T. L. Saaty-ja koji je upravo i autor same metode. Metoda je utemeljena 70-tih godina dvadesetog stoljeća i to ne kao produkt teorije već kao nužnost za rješavanje konkretnog problema. Nadalje, Ernest Forman se priklonio metodi i napisao nekoliko radova s praktičnom primjenom i knjigu koja prati suvremene trendove i prikazuje metodu na jedan vrlo pristupačan način, jer zaobilazi matematičku podlogu, a težište daje na softversku primjenu metode uz pomoć Expert Choice- a i interpretaciju dobivenih rezultata. Lootsma F. A. povezuje rad T. L. Saaty-a i L. A. Zadeh-a koji je dao velik doprinos u razvoju neizrazite logike, te piše mnoštvo radova na tematiku veze neizrazite logike i analitičkog hijerarhijskog procesa. Ostali autori koncentriraju se ponajviše na primjenu dotične metode u raznim granama, pa je tako pronađeno mnoštvo radova s područja medicine, agronomije, ekonomije. Međutim radovi koji bi povezali elektroničko poslovanje i analitički hijerarhijski proces vrlo je malo i koncentrirani su ponajprije na područje e- learninga, odabira određenih informatičkih komponenti, informatike u obrazovanju i sl. Na području Republike Hrvatske primjena ove metode još je u začetima i svega nekoliko autora primijenilo ju je u svojim radovima, među kojima prof.dr.sc.T. Hunjak bilježi najveći broj radova s tog područja.

Slučajnost je htjela da Analiza omeđivanja podataka bude utemeljena u istom desetljeću dvadesetog stoljeća kao i AHP metoda. Naime Afriat (1972.) predstavlja metode matematičkog programiranja slične analizi omeđivanja podataka koje javnost nije percipirala sve dok Charnes u svom radu 1978. godine nije za sličnu metodu matematičkog programiranja osmislio kovanicu DEA (Data Envelopment Analysis). Potreba za mjerenjem tehničke efikasnosti iste je godine

dovelo do razvoja Charnes, Cooper i Rhodes metode koju su kratko nazvali CCR model. Razvojem CCR modela koji daje mjeru sveukupne efikasnosti svake jedinice koja se promatra u modelu agregirajući tehničku i omjernu efikasnost inputa i outputa, DEA je dobila na popularnosti što potvrđuje i broj radova koji su objavljeni nakon toga. Kasniji radovi razmatraju drugačije skupove pretpostavki, te 1984.g Banker, Charnes i Cooper predstavljaju BCC model koji predstavlja varijaciju CCR modela uz pretpostavku varijabilnog prinosa. Fleksibilnost ove metode u odnosu na to da se ne zahtjeva stroga funkcionalna zavisnost između inputa i outputa te upravo činjenica da je metoda neparametarski orijentirana uzrok je rapidnog porasta njezine popularnosti koja se održala do danas.

U nedavnom istraživanju *Integrated analitic hierarchy process and its applications – A literature review (2007)*, autor William Ho u radu pregledno predstavlja AHP metodu i njezinu primjenu u kombinaciji s ostalim metodama kao što su matematičko programiranje, meta heuristike, SWOT analiza i Analiza omeđivanja podataka (eng DEA) u razdoblju od 1997 do 2006. godine te navodi kako je najmanje radova u časopisu publicirano upravo u kombinaciji AHP-DEA (svega 6.1%) istaknuvši pritom radove: Takamura, Tone (2003) u alokaciji nekoliko vladinih agencija van Tokyo-a, Yang, Kuo (2003) te Ertay i autori (2006) u procesu proizvodnje prilikom razmještaja postrojenja, Sean i autori (2005) za procjenu djelovanja. Samo ovaj prikaz pokazuje kako se ove dvije metode međusobno nadopunjuju, međutim još su uvijek nedovoljno zajedno korištene u praksi, a pogotovo jer se uopće ne spominju u ocjenjivanju efikasnosti elektroničkog poslovanja.

S druge strane, istraživanje znanstvenih i stručnih djela stranih autora svjedoče o sve većem zanimanju za proučavanje zaštite poslovanja u digitalnom obliku budući da se svakodnevno poslovanje i protok informacija vodi isključivo putem elektroničkog poslovanja, ali je također potrebno naglasiti da na području Republike Hrvatske još uvijek nema značajnijih istraživanja na tom polju i da se svijest o ovom važnom pojmu tek počela formirati upravo radi težnje za usklađivanjem sa standardima u Europskoj uniji.

Opsežnijih radova na tematiku elektroničkog poslovanja domaćih autora vrlo je malo, što je vidljivo i iz priložene literature, dok problem elektroničkog poslovanja kombinacijom AHP i DEA metode nije analiziran.

1.5 STRUKTURA RADA

Rezultat istraživanja prezentiran je u doktorskoj disertaciji u osam međusobno povezanih dijelova.

Prvi je dio doktorske disertacije UVOD. U njemu su formulirani problem, predmet i objekt istraživanja, te postavljena znanstvena hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, ocjena dosadašnjih istraživanja, te prikazana kompozicija disertacije.

U drugom dijelu pod naslovom VIŠEKRITERIJSKO ODLUČIVANJE pojašnjen je sam pojam višekriterijskog odlučivanja, pojam kriterija, vrsta kriterija i način njihova odabira, te se kratko opisuju osnovne metode višekriterijskog odlučivanja i razlike među njima, od kojih su najčešće korištene: *ELECTRE*, *TOPSIS*, *PROMETHEE*, te analitički hijerarhijski proces (AHP). Na kraju se ovog poglavlja uspoređuju sve opisane metode i objašnjava zašto je u doktorskoj disertaciji korištena upravo AHP metoda.

U trećem dijelu koji nosi naslov ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES (AHP) pojašnjava se sama metodologija te na definiraju glavni pojmovi hijerarhije kao što su cilj, kriteriji, podkriteriji i alternative. Izlažu se i pojašnjavaju aksiomi analitičkog hijerarhijskog procesa, te metrike AHP metode. Potom se analiziraju mogućnosti na koji se mogu dodijeliti težine i lokalni prioriteti odabranim kriterijima i alternativama, pojašnjava se važnost Saaty-eve skale u dodjeli prioriteta. Objašnjava se pojam svojstvenog vektora, svojstvene vrijednosti te pojam konzistentnosti, indeksa i omjera konzistentnosti da bi se na kraju dao niz uzroka koji dovode do nekonzistentnosti. Pretposljednje potpoglavlje obrađuje provođenje analize osjetljivosti i pojašnjava njezinu važnost, a posljednje potpoglavlje obrađuje mogućnosti primjene AHP metode i upoznaje sa softverskom podrškom metode.

U četvrtom poglavlju pod nazivom ANALIZA OMEĐIVANJA PODATAKA objašnjeni su osnovni pojmovi vezani uz metodologiju, a zatim se pojašnjava i osnovni koncept CCR

modela, BCC modela i modela s kategorijskim varijablama. Potom se definira i pojam relativne efikasnosti koja se koristi u modelima, te daju prednosti i nedostaci analize omeđivanja podataka. Prikazuje se također i modificirani modeli analize omeđivanja podataka uz pomoć kojeg je moguće izračunati superefikasnost jedinica koje su ocijenjene relativno efikasnim.

U petom dijelu pod naslovom ZNAČAJKE I SIGURNOST ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA analiziraju se svi aspekti nužni da bi se izvršila procjena informacijskog sustava. Obraduje se pet glavnih temelja elektroničkog poslovanja i objasniti zašto se bez jednog od njih nije moguće implementirati elektroničko poslovanje. Uz pomoć njih su formirani kriteriji i hijerarhija prema kojoj će se provesti višekriterijska analiza, a potom se daje osvrt na koncept elektroničkog poslovanja u okvirima lokalne uprave. Detaljno će se obraditi testiranje sustava na sigurnosne ranjivosti, implementacija sustava za sprječavanje i dijagnosticiranje napada, detekcija malicioznih programa na elementima sigurnosti elektroničkog poslovanja na internetu, te upravljanje neprekinutošću poslovanja i oporavka nakon incidenta. Mjere zaštite kojima se upravlja informacijskim rizicima, a uključuju procese politike standarda, smjernice, prakse, organizacijske strukture i ostale elemente koji mogu biti administrativne, tehničke, upravljačke ili pravne naravi, nužne su odrednice sustavne implementacije e-poslovanja

U šestom dijelu pod nazivom ANALIZA ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA GRADSKIH UPRAVA analiziraju se podaci dobiveni na temelju anketnog upitnika te se na temelju njih definira cilj, a potom se formiraju kriteriji i podkriteriji te alternative među kojima će se vršiti odabir, te se pojašnjava na koji će se način formirati hijerarhijska struktura koja sve te faktore međusobno povezuje u cjelinu. Nakon toga će se provesti analiza na koji će se način i prema kojem ključu odabrati inputi i outputi koji će ući u analizu omeđivanja podataka.

U sedmom poglavlju pod nazivom INTERPRETACIJA DOBIVENIH REZULTATA analiziraju se, ocjenjuju i interpretiraju dobiveni rezultati, a potom se provodi analiza

osjetljivosti, kako bi se utvrdilo kakav učinak na cjelokupni model imaju promjene određenih parametara. Izradom DEA modela za ocjenu relativne efikasnosti utvrdit će se granica efikasnosti na temelju koje će entiteti biti ocijenjeni kao relativno efikasni ili relativno ne efikasni, te će se prikazati projekcije uz pomoć bi svaki od njih mogao dostići postavljenu granicu efikasnosti. Efikasne jedinice rangirat će se obzirom na relativnu efikasnost uz pomoć analitičkog hijerarhijskog procesa jer u DEA analizi one formiraju granicu efikasnosti i obzirom na to su neusporedive jer im je dodijeljena maksimalna vrijednost efikasnosti te će se one uzeti u analizu AHP metodom kako bi se moglo dobiti njihov konačan poredak.

U skladu s dobivenim rezultatima u sljedećem potpoglavlju se predlažu mjere za poboljšanje implementacije elektroničkog poslovanja u Republici Hrvatskoj. U daljnjim istraživanjima postoji mogućnost za ispitivanje elektroničkog poslovanja i koliko on utječe na produktivnost što je moguće ispitati uz pomoć Malmquistovog indeksa.

Osmo poglavlje je ZAKLJUČAK u kojem su svi rezultati istraživanja sintetizirani na sustavan način, te se posebno apostrofiraju najvažniji rezultati istraživanja, te dokazuje postavljena hipoteza.

Po završetku znanstvenog istraživanja očekuju se sljedeći najznačajniji rezultati:

1. Utvrdit će se pozicija odabranih jedinica gradske uprave u Republici Hrvatskoj s određenim subjektima koji su vodeći na svjetskoj razini u odnosu na postavljene standarde.
2. Dokazat će se da je višekriterijska analiza prijeko potreban optimizacijski alat u rješavanju kompleksnih problema, DEA u određivanju efikasnosti neproizvodnih jedinica što joj omogućuje odabir višestrukih inputa i outputa.
3. Utvrdit će se nužnost upotrebe analitičkog hijerarhijskog procesa kao metode koja omogućuje upotrebu usporedbe subjektivnih i objektivnih kriterija, odnosno onih kvantitativne i kvalitativne prirode.

4. Dokazat će se da je kombinacijom dviju optimizacijskih metoda donesena neusporedivo kvalitetnija odluka od one koja bi bila donesena klasičnim metodama.
5. Identificirat će se eventualni nedostaci korištenih metoda u analiziranom problemu.
6. Dokazat će se da je AHP i DEA metoda te formirani kriteriji, inputi i outputi omogućavaju korištenje modela na mnoštvu ostalih institucija kojima je zaštita podataka pri korištenju elektroničkog poslovanja na prvom mjestu kao što su financijske institucije, gospodarski subjekti i državne institucije.
7. Dokazat će se da zaštita e-poslovanja pozitivno utječe na efikasnost sustava.
8. Pokazat će se da rezultati dobiveni modeliranjem AHP i DEA metodom omogućavaju smjernice za poboljšanje efikasnosti elektroničkog poslovanja.
9. Pokazat će se da razvijenija tehnologija znači i veću podložnost zloupotrebi.

U znanstvenom istraživanju, formuliranju i prezentiranju rezultata istraživanja doktorske disertacije koristit će se u odgovarajućim kombinacijama brojne znanstvene metode, od kojih su najvažnije i najčešće korištene: metoda analize i sinteze, metoda indukcije i dedukcije, metoda apstrakcije i konkretizacije, metoda specijalizacije i generalizacije, metoda teorije sustava, deskriptivna metoda, komparativna metoda, metoda dokazivanja i opovrgavanja. Pri terenskom istraživanju koristit će se anketna metoda uz potporu eksplorativnoga i strukturiranoga intervjua. Primjenom statističkih i matematičkih metoda obradit će se rezultati empirijskoga istraživanja te omogućiti oblikovanje znanstvenih spoznaja i dokazivanje temeljne i pomoćnih hipoteza. Sve navedene metode poslužit će u svrhu pokazivanja važnosti i nužnosti implementacije elektroničkog poslovanja radi povećanja efikasnosti cjelokupnog sustava.

Temeljni doprinos disertacije sastoji se u dokazivanju da je elektroničko poslovanje nužno za razvoj suvremenog informacijskog društva i povećanja efikasnosti poslovanja, te u pokazivanju važnosti upotrebe alata za višekriterijsku i usporednu optimizaciju u ovako

kompleksnoj problematici, što daje temelj za korištenje iste metodologije u rješavanju svakog problema istog ili većeg stupnja složenosti. Postojeći DEA model kombinirat će se modelom analitičkog hijerarhijskog procesa što će poboljšati dobivene rezultate.

Iz temeljnog doprinosa proizlazi teorijska i aplikativna primjena navedenog istraživanja budući da će teorijska zasnovanost omogućiti analizu postavljene hipoteze na realne subjekte, što može poslužiti kao doprinos prilikom uvođenja normiranog elektroničkog poslovanja Republike Hrvatske.

Rezultati koji će biti prikazani u doktorskoj disertaciji potvrdit će postavljenu hipotezu i pokazati da su višekriterijska i usporedna analiza nužne u procesu povećanja efikasnosti elektroničkog poslovanja budući da se temelji na velikom broju kriterija koji ulaze u sam proces odlučivanja. Budući da su elektroničko poslovanje i njegova zaštita ključni čimbenici za razvoj suvremenog ekonomskog društva rezultati istraživanja mogu imati široku primjenu. U praktičnom smislu, kroz primjenu prezentiranog modela na institucije i tvrtke čije poslovanje u potpunosti ovisi o elektroničkom poslovanju poput banaka i sličnih entiteta u čijem je interesu da razina efikasnosti cjelokupnog sustava budu na visokoj razini.

U istraživačkom smislu rezultati mogu poslužiti kao polazište za daljnja istraživanja budući da je elektroničko poslovanje usko vezano za inovacije i poboljšanja u informacijsko komunikacijskoj tehnologiji koja je podložna brzim promjenama te se kao područje istraživanja kontinuirano proširuje.

2. VIŠEKRITERIJSKO ODLUČIVANJE

Od samih početaka ljudskog postojanja, postoji i dokaz o nebrojenim situacijama u donošenju odluka vezanih za adekvatni životni problem koji je vezan za više atributa. Ti se atributi u literaturi najčešće navode kao kriteriji mjere učinka na temelju kojih se evaluiraju različite okolnosti pri kojima se donose stanovite odluke. O ideji kontradiktornih kriterija se u tradicionalnoj kulturi također govorilo već od pradavnih vremena kada su ljudi morali ovladati vještinom donošenja odluke uz pomoć intuicije. Prvi zabilježeni pokušaj višekriterijske odluke jest izložen u pismu američkog filozofa Benjamina Franklina britanskom znanstveniku Joseph-u Priestly-u.

Prema Zelany-u (1982) većina temeljnih sastojaka u pomoći višekriterijskom odlučivanju izloženo je upravo u maloprije spomenutom pismu, a to je dodjela težina obzirom na važnost pojedinog kriterija, zamjena jednog kriterija drugim, ideja balansirane odluke, kao i interakcija između ljudske prosudbe i formalnog modela.

Pomerol i Barbara-Romero (2000) tvrde da su upravo istraživanja na polju ekonomike koja započinju krajem devetnaestog stoljeća jedan od izvora inspiracije na području razvoja višekriterijske analize. Prvu modernu interpretaciju višekriterijske analize uočio je Zoints (1990) u radu Simona (1958) koji je pisao o razinama težnje u kojima kazuje da svaki pojedinac u potrazi za rješenjem ne prestaje sve do trenutka dok se ne dosegne određena razina težnje tj. rješenje koje će tu razinu težnje ispuniti. Ukoliko postoji više takvih rješenja, nivoi težnje su čvrsti, a ukoliko ne postoji rješenje tada su razine težnje opuštene.

Od 1950. godine do danas dolazilo je do poboljšanja metoda za višekriterijsko odlučivanje s međusobnom razlikom u traženoj količini i osobinama kvalitativnih i kvantitativnih informacija, metodologiji koja je korištena, lakoćom korištenja, alatom za senzitivnu analizu i matematičkim svojstvima koja verificiraju odluku. Taj rapidan skok u istraživanju dovodi do težnje za utvrđivanjem najpogodnijih metoda višekriterijskog odlučivanja u profesionalnom kontekstu Brans i Munda (2005) tvrde da takve metode omogućavaju sistematičan i transparentan pristup koji pridonosi objektivnosti i pouzdanosti dobivenih rezultata dok njihovi oponenti tvrde da metode višekriterijskog odlučivanja omogućavaju manipulaciju, da su tehno-kratične i da daju privid ispravnosti (Jansen 2001). Međutim unatoč kritikama neosporna je njihova sve veća popularnost u procesima odlučivanja.

2.1. POJAM VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA

Na početku je rečeno nešto o povijesnom razvoju višekriterijskog odlučivanja i tom je prilikom ono definirano na jedan intuitivan način. Višekriterijsko odlučivanje može se u jednoj rečenici definirati kao oblik odlučivanja u koji se uključuje veći broj bitnih osobina i obilježja raspoloživih opcija u proces izbora. Karakteristike opcija na osnovu kojih se vrši njihova usporedba i evaluacija, te koje se smatraju relevantnim u procesu izbora nazivaju se kriteriji ili atributi. Oni predstavljaju osnovu za definiranje cilja (ciljeva) koji se odlukom žele postići.

Postoje dvije različite grupe problema višekriterijskog odlučivanja, te u ovisnosti o postavci on može imati konačan broj alternativnih rješenja ili je skup alternativnih rješenja beskonačan. U prvom se slučaju najbolja alternativa odabire iz diskretnog skupa raspoloživih alternativa i rješava se višekriterijskom analizom, dok u drugom slučaju postoji kontinuirani opseg mogućnosti kod kojih se rješenje dobiva optimizacijom. U ovoj je disertaciji predmetom interesa prva klasa problema i metode koje omogućavaju njihovo rješavanje.

Problem diskretnog višekriterijskog odlučivanja (MCDM – Multi Criteria Decision Making) karakterizira matrica odlučivanja. Ukoliko imamo problem s n alternativa i m kriterija (atributa koji karakteriziraju te alternative), njegova će matrica odlučivanja A biti reda $m \times n$, dok će element r_{ij} u matrici predstavljati vrijednost j -tog kriterija za i -tu alternativu. Zajednička svojstva svih MCDM problema jesu²:

- Kriteriji obično formiraju hijerarhijsku strukturu
- Postojanje konfliktnih kriterija
- Hibridna struktura
- Neodređenost
- Ograničen broj kriterija na jednom nivou hijerarhije

² O tome više, cf. Saaty, T. L.: Decision Making for Leaders, RWS Publications, Pittsburgh, 1992

2.1.1 KRITERIJI ODLUČIVANJA

U višekriterijskom odlučivanju osnovna je podjela kriterija na kvalitativne i kvantitativne. To je podjela koja se odnosi na preciznost kojom ih možemo mjeriti. Kvantitativni kriteriji predstavljaju karakteristike opcija koje je moguće precizno izmjeriti. Međutim kod njih se javlja problem različitih mjernih jedinica pa stoga i kvantitativni kriteriji međusobno postaju neusporedivi. Manji je problem kad je isti kvantitativni kriterij predstavljen u više različitih mjernih skala jer ga se tada uz pomoć jednostavnih linearnih funkcija može svesti na jednu mjernu jedinicu. Kvalitativni kriteriji predstavljaju karakteristike opcija čiji se intenziteti ne mogu izraziti numerički. Oni su teško mjerljivi jer odražavaju veću ili manju sklonost donosioca odluke prema određenom svojstvu neke alternative³. Veliku će ulogu u njihovoj ocjeni imati Saaty-eva skala⁴ kojom je moguće mjeriti aspiraciju za zadovoljavanjem određenog kriterija donosioca odluke. Kvalitativni kriteriji mogu se podijeliti u dvije grupe. Prvu grupu kvalitativnih kriterija predstavljaju oni čije se vrijednosti ne mogu precizno izmjeriti, ali se mogu rangirati prema intenzitetu tj. moguće je ih je formirati u listu prioriteta. To se lako može pojasniti na primjeru zapošljavanja nove osobe kada se formira lista prioriteta koju kandidat mora zadovoljiti kao što je npr. formalno obrazovanje kandidata, iskustvo, pouzdanost i snalažljivost u novoj situaciji. Drugu grupu kvalitativnih kriterija čine oni kod kojih se ne može raditi nikakve „kvantitativne“ usporedbe što se ponovno može predočiti na primjeru zapošljavanja ukoliko uzimamo u obzir formalno obrazovanje kandidata i njegov fizički izgled. Ukoliko se za ocjenu alternative koristimo ovu vrstu kriterija tada se modalitetima pridružuju opisi koji odražavaju preferencije donosioca odluke (npr. izgled- loš, osrednji, privlačan, vrlo privlačan). Prilikom odabira i ocjene kriterija treba biti vrlo pažljiv i precizan, jer razlike u ukusu prilikom ocjene kvalitativnih kriterija rezultirat će i različitim izborima. Također je bitno napomenuti da je obzirom na problem izbora na osnovi istog kriterija moguće različito ocijeniti opcije (alternative) iz istog skupa. Ova se tvrdnja jednostavno može potkrijepiti na primjeru ocjene određenih prostora obzirom na njihovu namjenu tj. želimo li da namjena prostora bude za poslovni prostor ili dječji vrtić. U prvom slučaju će biti bitna blizina centra, cijena najma, dok će u drugom slučaju

³ Alternativama se u višekriterijskom odlučivanju (kao i u analitičkom hijerarhijskom procesu) nazivaju jedinice nad kojima se vrši analiza po više odabranih kriterija.

⁴ O tome više, cf. Saaty, T. L., How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research 48,1990, p 9-26

biti bitna lokacija na kojoj se ne nalazi još jedan vrtić u blizini, veličina prostora, prikladan razmještaj prostorija. Kako bi se postigla što veća objektivnost ovakve prosudbe prilikom odabira ponekad se poseže za grupnim odlučivanjem u kojem grupa stručnjaka daje ocjenu određenim kvalitativnim kriterijima kako bi se odabrala najbolja opcija (alternativa).

2.1.2 KRITERIJI PREMA KORELACIJI VRIJEDNOSTI I KORISNOSTI

Već je ranije dana osnovna podjela kriterija na one kvalitativne i kvantitativne, međutim potrebno je napraviti i drugu vrstu njihove klasifikacije a to je prema korelaciji vrijednosti i korisnosti.

Kriterije prema korelaciji vrijednosti i korisnosti dijelimo na⁵ :

- Prihodne kriterije – To su kriteriji čijim porastom vrijednosti raste i korisnost za donosioca odluke. Primjer takvih kriterija bili bi efikasnost i dobit. Prilikom takvih izbora rukovodi se maksimiziranjem vrijednosti.
- Rashodni kriteriji – To su kriteriji čijim porastom vrijednosti opada korisnost. Prilikom odabira nastoji se minimizirati vrijednost rashodnih kriterija.
- Nemonotoni kriteriji su kriteriji koji u jednom segmentu imaju direktnu, a u drugom inverznu korelaciju sa korisnošću

2.1.3 ODABIR I FORMIRANJE KRITERIJA

Odabir kriterija je vrlo važna faza u procesu višekriterijskog odlučivanja⁶ budući da predstavlja način na koji ćemo pratiti realizaciju postavljenih ciljeva. Njihov je odabir subjektivan i stoga skup kriterija koji se odabere treba biti odraz specifičnih ciljeva koji se žele ostvariti. Također je bitno napomenuti da lista kriterija treba biti potpuna kako bi svi aspekti koji su značajni za izbor

⁵ <http://web.efzg.hr/dok/OIM/dtipuric//7%20-Vi%C5%A1ekriterijsko%20odlu%C4%8Divanje-2009.pdf>

⁶ Saaty, T.L. i Kearns, K.P.: Analytic Planning –The organisation of Systems , International Series in Modern Applied Mathematics and Computer Science 7, Oxford,England Pergamon Press, 1985

opcije bili uključeni. Kriterije je isto tako potrebno definirati na način da se njihovi sadržaji ne preklapaju.

Prilikom odabira i formiranja kriterija definirat će se i odnos između pojedinog kriterija i cilja. Tako će se u određenim slučajevima dogoditi da će cilj i kriterij biti identični, odnosno da ukoliko je cilj maksimiziranje profita tada nije isključeno da jedan od kriterija u procesu višekriterijske analize bude i sam profit. U ostalim problemima to neće biti slučaj.

Odabrani kriteriji mogu imati više nivoa. Pritom kriteriji na nižim razinama trebaju predstavljati detaljan opis njima direktno nadređenog kriterija. Kako bi hijerarhijski odnos među odabranim kriterijima bio što pregledniji, koristi se tzv. stablo kriterija pri čemu kriteriji na istom nivou ne moraju imati isti značaj, ali se težine kriterija s višeg nivoa raspoređuju na njihove podređene kriterije s nižih nivoa.

2.2 METODE VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA

Iako se radi o relativno novom načinu optimizacije u višekriterijskom odlučivanju postoji vrlo mnogo različitih metoda. Hwang i Yoon su 1981g. dali klasifikaciju 17 najčešće korištenih metoda u višekriterijskom odlučivanju, od kojih je dana poboljšana kategorizacija od njih 13 na tablici 2.1. Klasifikacija je formirana obzirom na tip i najvažnije značajke informacija dobivene od strane donositelja odluke (DO). Ukoliko ne postoji bilo kakva informacija tada se koristi metoda Dominacije. Ukoliko je dobivena informacija o okružju bilo da je ona pesimistične ili optimistične prirode, tada se može koristiti ili Maxmin ili Minmax metoda. Ako je informacija o atributima dana od strane DO tada se koristi jedna od ponuđenih podkategorija nastalih obzirom na dobivene bitne karakteristike tih atributa tj da li su one osnovne, kardinalne ili ordinalne.

Tablica 2.1 Tablična klasifikacija metoda višekriterijskog odlučivanja i njihovih svojstava

	TIP INFORMACIJE OD STRANE DO	GLAVNA OSOBINA INFORMACIJE	METODA
VIŠEKRITERIJSKO ODLUČIVANJE	Bez informacije		Metoda dominacije
	Informacije o atributima	Standardna razina	Konjuktivna metoda Disjunktivna metoda
		Ordinalne	Leksikografska metoda Eliminiranje prema aspektu
		Kardinalne	TOPSIS ELECTRE AHP Jednostavno zbrajanje težina Metoda linearne asignacije PROMETHEE
	Informacije o Okolini	Pesimistične	Maximin
		Optimistične	Maximax

Izvor: Yoon P.K.; Hwang Ching-Lai: Multiple Attribute Decision Making; Sage Publications, London, 1995

Sve te metode se mogu podijeliti u dvije osnovne grupe⁷; u kompenzacijske metode i nekompenzacijske metode. U ovom će radu od interesa biti kompenzacijske budući da neke od njih omogućavaju uključivanje kvalitativnih kriterija u analizu.

⁷ Prednosti i nedostatke kompenzacijskih i nekompenzacijskih metoda moguće je vidjeti u: Dieckmann, A., Dippold K., Dietrich, H.: Compensatory versus noncompensatory models for predicting consumers preferences, Judgment and Decision Making, vol. 4, no. 3, April 2009, pp. 200-213.

2.2.1 NEKOMPENZACIJSKE METODE

Nekompenzacijske metode su metode višekriterijskog odlučivanja u kojima nije dozvoljena kompenzacija među atributima, odnosno dodijeljena vrijednost jednog atributa ne može se „popraviti“ vrijednošću drugog atributa određene alternative. Usporedba alternativa vrši se po principu atribut-protiv-atributa. U daljnjem tekstu u kratkim će se crtama opisati nekoliko najznačajnijih nekompenzacijskih metoda⁸.

- Prva i najjednostavnija nekompenzacijska metoda je **metoda dominacije**. Ona funkcionira na principu konfliktnih kriterija. Naime, alternativa je dominirana ukoliko postoji druga alternativa koja je u nekim atributima (kriterijima) nadmašuje dok su prema ostalim atributima jednako vrednovane. Nasuprot tome, nedominirajuća je alternativa ona koju niti jedna druga ne nadmašuje niti u jednom od promatranih atributa (kriterija). Takvo se rješenje još naziva i efikasnom granicom ili Pareto Optimalnim⁹ rješenjem. Skup nedominirajućih alternativa (rješenja) formira se vršenjem usporedbi u parovima.
- Druga nekompenzacijska metoda je **konjunktivna metoda** prema kojoj se ne odabire jedna alternativa (rješenje) već se svrstavaju u dvije kategorije prihvatljive i neprihvatljive. Prema ovoj metodi alternativa A_i biti će kalsificirana kao prihvatljiva ako i samo ako $x_{ij} \geq x_j^0$, za $j = 1$ i 2 i...i n , gdje je x_j^0 minimalna prihvatljiva razina j -tog atributa. Za korištenje ove metode DO mora za svaki atribut odrediti graničnu vrijednost. Upravo te granične vrijednosti određene od strane DO odigravaju ključnu ulogu u eliminiranju određenih alternativa pa se stoga treba voditi brigu da one ne budu niti previsoke (jer bi se moglo dogoditi da u skupu prihvatljivih rješenja nema niti jednog) niti preniske. Njihova se vrijednost može povećavati ukoliko se postupak iterativno ponavlja te se u tom slučaju može doći i do skupa prihvatljivih rješenja u kojem ćemo imati samo jedan element.

⁸ Podjela preuzeta iz Yoon P.K.; Hwang Ching-Lai: Multiple Attribute Decision Making; Sage Publications, London, 1995.

⁹ Više o pojmu: http://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_efficiency

- **Disjunktivna metoda** još je jedna u nizu nekompensacijskih metoda. Kao i u konjunktivnoj DO mora odrediti granične vrijednosti za atribute. Alternativa se odabire ako i samo ako premašuje minimalnu graničnu vrijednost jednog ili više atributa. Za razliku od konjunktivne metode u disjunktivnoj je dopustivo da alternativa premaši donju granicu za samo jedan atribut i nalaziti će se u poželjnom skupu. Naime, dokle god je alternativa dobra u barem jednom od odabranih atributa bit će ocjenjena kao pogodna za odabir. Prema ovoj metodi alternativa A_i biti će kalsificirana kao prihvatljiva ako i samo ako $x_{ij} \geq x_j^0$, za $j = 1$ ili 2 ili...ili n , gdje je x_j^0 minimalna prihvatljiva razina j -tog atributa. Ova se metoda najčešće koristi u kombinaciji s Konjunktivnom metodom.
- **Leksikografska metoda.** U nekim situacijama odlučivanja čest je slučaj da prevladava samo jedan atribut. To je naročito izraženo prilikom rasprodaja kad na staklima stoje natpisi „kupite najjeftinije“ u kojima je evidentno da je najvažniji atribut(kriterij) za donosioca odluke cijena. U takvoj situaciji alternative se uspoređuju prema tom najvažnijem kriteriju. Ukoliko jedna alternativa ima veću vrijednost atributa od preostalih tada se ta alternativa odabere kao rješenje. Međutim postoji li situacija u kojoj su određene alternative vezane za najvažniji kriterij, podskup vezanih alternativa se tada uspoređuje obzirom na sljedeći najvažniji kriterij. Ovaj se proces sekvencijalno ponavlja sve dok se ne odabere jedna alternativa kao rješenje ili dok se svi atributi na uzmu u razmatranje. Termin „leksikografski“ odražava sličnost između ove metode i načina na koji se slažu riječi u rječniku. Matematičkim se simbolima ova metoda može opisati na sljedeći način; Neka je X_1 najvažniji atribut za DO¹⁰, X_2 sljedeći po važnosti, i tako redom. Alternativa A^1 odabire se tada na način da $A^1 = \left\{ A_i \mid \max_i x_{i1} \right\}$, $i = 1, 2, \dots, m$. Ako skup $\{A^1\}$ ima samo jedan element, taj je element upravo ona alternativa s najvećom preferencijom. Ukoliko u skupu ostane nekoliko alternativa tada se razmatra $A^1 = \left\{ A^1 \mid \max_i x_{i2} \right\}$, $i \in \{A^1\}$. Ako skup $\{A^2\}$ ima samo jedan element tada se postupak završava i odabire ta alternativa. U protivnom se postupak nastavlja sve dok u jednom trenutku skup $\{A^k\}$ ne bude sadržavao samo jedan element ili dok se ne razmotre sve

¹⁰ DO predstavlja skraćenicu za donosioca odluke

alternative. Dogodi li se da u posljednjem skupu postoji više od jedne alternative tada se one smatraju ekvivalentnima.

- **Eliminacija prema aspektu** je procedura vrlo slična leksikografskoj metodi. Naime, kao i u leksikografskoj metodi razmatra se jedan po jedan atribut prilikom međusobnog uspoređivanja alternativa. Razlika se očituje u tome što se eliminiraju one alternative koje ne zadovoljavaju određeni standard. Postupak se nastavlja dok sve alternative osim jedne ne budu eliminirane. U ovoj metodi atributi nisu poredani prema važnosti već prema njihovoj probabilističkoj diskriminaciji utjecaja, tj ispituje se kolika je vjerojatnost da određena alternativa neće imati željeni atribut. Matematičkom se simbolikom to može opisati na sljedeći način; Neka je X_1 aspekt prema kojem će se najučinkovitije eliminirati najveći broj alternativa, X_2 sljedeći po redu učinkovitosti itd. Tada se alternativa A^1 definira kao $A^1 = \{A_i | x_{i1} \text{ zadovoljava } X_1\}$, $i = 1, 2, 3, \dots, m$. Ukoliko skup $\{A^1\}$ ima samo jedan element tada on predstavlja najbolju alternativu. Ukoliko u skupu $\{A^1\}$ postoji više elemenata tada se razmatra sljedeći po redu aspekt X_2 na način da je $A^2 = \{A_i | x_{i2} \text{ zadovoljava } X_2\}$, $i \in \{A^1\}$. Ukoliko skup $\{A^2\}$ ima jedan element , postupak se zaustavlja i odabire se alternativa koja je preostala u skupu kao rješenje, u protivnom se razmatra treći aspekt po važnosti X_3 itd. dok se ne dođe do konačnog rješenja.
- **Maxmin** je jedna od nekompenzacijskih metoda koja uzima u obzir stav DO prema okružju u kojem se odluka donosi. Ukoliko je stav DO pesimističan tada se u Maxmin metoda koristi da se identificira najgori atribut svake alternative i da se odabere ona alternativa čiji je najgori atribut dobio najbolju ocjenu. Ovu se metodu može opisati izrekom da je svaki lanac onoliko jak koliko je jaka njegova najslabija karika. Naime, cjelokupna snaga alternative, prema ovoj će metodi, biti determinirana svojim najslabijim ili najlošijim atributom. Radi se o odabiru maksimuma (duž alternativa) minimalne vrijednosti (preko atributa) , što se kraće naziva „maxmin“ ili „najbolje od najgoreg“. U toj proceduri samo jedan najslabiji ili najgori atribut prezentira alternativu dok se svi ostali atributi te alternative zanemaruju. Ukoliko te najlošije vrijednosti dolaze od strane

više atributa, kao što je to obično i slučaj, tada se konačan odabir može bazirati na jednom razredu atributa koji se razlikuju od alternative do alternative. Naime promatramo li vitalne organe dva vrhunska biciklista može se desiti da je jednome najslabija točka srce, a drugome pluća. Ta dva organa su međusobno neusporediva dok se na određenoj skali ne utvrdi njihova mogućnost za preživljavanje. Iz tog je razloga u Minmax metodi bitno imati međuatributne vrijednosti što dovodi do nužnosti prebacivanja svih vrijednosti atributa u zajedničku skalu koja nužno ne mora biti numerička. Procedura selekcije ima dva glavna koraka : Prvo se treba utvrditi najslabija vrijednost atributa za svaku alternativu, zatim se odabire alternativa s najboljom vrijednošću najslabijeg atributa. Matematičkom se notacijom ovo može opisati na sljedeći način. Alternativa A^+ odabire na način da $A^+ = \left\{ A_i \mid \max_i \min_j r_{ij} \right\}$ gdje r_{ij} predstavlja usporedivu skalu od x_{ij} .

- **Maximax** metoda oprečna je od Maxmin metode i njome se odabire odabire alternativa obzirom na razred najboljih atributa. U maximax metodi samo jedan atribut će predstavljati alternativu dok će svi ostali biti zanemareni te iz tog razloga i ova metoda zahtjeva komparabilnost među atributima. Kao i u prije opisanoj metodi i ova ima dva osnovna koraka, a to je da se najprije identificira najbolji atribut za svaku alternativu, te se potom selektiraju one alternative čije vrijednosti atributa su najveće. U matematičkoj formi to bi se zapisalo na sljedeći način; Alternativa A^+ odabire na način da $A^+ = \left\{ A_i \mid \max_i \max_j r_{ij} \right\}$ gdje r_{ij} predstavlja usporedivu skalu od x_{ij} .

Opisali smo najčešće korištene nekompensacijske metode i iz priloženih je opisa vidljivo da su one vrlo jednostavne za korištenje. Kompensacijske metode biti će opisane u nekoliko sljedećih potpoglavlja ,jer će njihova metodologija stvoriti dobru podlogu za metode koje će se koristiti u ovoj doktorskoj disertaciji i da bi se objasnilo zašto je upravo kombinacija DEA-e i AHP metode odabrana kao najbolja za analizu efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava.

2.2.2 METODA TOPSIS

Problem višekriterijskog odlučivanja u kojem imamo m alternativa i n atributa može se razmatrati kao geometrijski sustav s m točaka u n -dimenzionalnom prostoru. Hwang i Yoon (1981) razvili su Tehniku za poredak preferenci uz pomoć sličnosti s idealnim rješenjem (Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution - TOPSIS) koja se bazira na konceptu da bi odabrane alternative trebale imati najkraću udaljenost od negativnog idealnog rješenja. Kasnije su taj princip prihvatili Zeleny (1982) i Hall (1989), a kasnije je ona i poboljšana od strane Yoon-a (1987) te Hwang, Lai i Liu-a 1993.

Da bismo lakše razumjeli metodu TOPSIS najprije će se objasniti pojmovi pozitivnog i negativnog idealnog rješenja. Idealno rješenje definira se kao skup idealnih razina svih promatranih atributa. Idealno rješenje je najčešće nedokučivo ili neostvarivo. Logička je podloga ljudskog odabira biti što bliže nekom idealnom rješenju. Coombs (1964) također tvrdi da prilikom odabira među alternativama postoji idealna razina kriterija i korisnosti DO monotono opadaju kada se alternativa udaljava od idealne tj. točke utopije. Formalno se pozitivno idealno rješenje zapisuje kao $A^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ gdje x_j^* predstavlja najbolju vrijednost j -tog atributa među svim raspoloživim alternativama. Kompozicija svih najboljih dostižnih vrijednosti predstavlja pozitivno idealno rješenje, dok se negativno idealno rješenje formira od svih najlošijih dostižnih vrijednosti raspoloživih atributa i označava se s $A^- = (x_1^-, x_2^-, \dots, x_n^-)$ gdje x_j^- predstavlja najlošiju vrijednost j -tog atributa među svim alternativama. Optimalno rješenje biti će ono koje će biti najudaljenije od negativnog idealnog rješenja, a najbliže pozitivnom idealnom rješenju. Mogući su slučajevi u kojima postoji više takvih rješenja. Problem je ove metode taj što se može dogoditi da se od dvije točke ne može odabrati najbolja kao rješenje jer je jedna najudaljenija od negativnog idealnog rješenja i dosta blizu pozitivnog idealnog rješenja dok je druga najbliža pozitivnom idealnom rješenju, ali istovremenu i bliža od prethodne negativnom idealnom rješenju. U tom slučaju je ljudski faktor presuđujući tj. DO mora biti taj koji će odrediti koji mu je prioritet, odnosno, biti što udaljeniji od negativnog idealnog rješenja ili biti što bliži pozitivnom idealnom rješenju.

Metoda TOPSIS¹¹ spada u takozvane metode kompromisa. U TOPSIS metodi se najprije vrši normalizacija matrica da bi se potom izračunale ponderirane udaljenosti alternativa u odnosu na pozitivno idealno i negativno idealno rješenje. Rješenje će biti ona alternativa koja je relativno najbliža pozitivno i relativno najudaljenija od negativnog idealnog rješenja. Metoda TOPSIS definira jedan indeks koji se naziva sličnost ili relativna bliskost s pozitivnim idealnim rješenjem koji se dobiva aproksimacijom idealnog pozitivnog rješenja i zabačenosti od negativnog idealnog rješenja. Nakon tih aproksimacija metoda odabire alternativu maksimalne sličnosti s pozitivnim idealnim rješenjem. Realizira se u nekoliko koraka.

Korak 1. Izračun normiranih vrijednosti. Vektor normalizacije se koristi za izračunavanje

vrijednosti r_{ij} koji je dan jednakošću $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$, $i = 1, 2, \dots, m$ $j = 1, 2, \dots, n$.

Korak 2. Izračunavanje ponderiranih normiranih vrijednosti. Te se vrijednosti izračunavaju kao $v_{ij} = w_j r_{ij}$, $i = 1, 2, \dots, m$ $j = 1, 2, \dots, n$ gdje w_j predstavlja težinu j-tog atributa.

Korak 3. Identifikacija Pozitivnog idealnog i negativnog idealnog rješenja. A^* i A^- definiraju se u terminima ponderiranih normiranih vrijednosti:

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, v_3^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, v_3^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\}$$

Gdje J_1 predstavlja skup atributa korisnosti, a J_2 skup atributa troškova.

Korak 4. Izračunavanje mjera razdvajanja. Ta se separacija među alternativama može mjeriti n-dimenzionalnom Euklidskom udaljenošću. Razdvajanje svake alternative pozitivnog-idealnog

rješenja, A^* tada je dano jednakošću $S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$, $i = 1, \dots, m$, dok je distanca od

negativnog idealnog rješenja A^- dana s $S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$, $i = 1, \dots, m$.

¹¹ Hunjak, T.: Mathematical foundations of the methods for multicriterial decision making, Mathematical Communications, Vol 2, 1997, p 161-169.

Korak 5. Izračunavanje sličnih vrijednosti s Pozitivnim idealnim rješenjem.

$C_i^* = S_i^- / (S_i^* + S_i^-)$ za $i = 1, \dots, m$. Potrebno je naglasiti da $0 \leq C_i^* \leq 1$, gdje je $C_i^* = 0$ za $A_i = A^-$, dok je $C_i^* = 1$ $A_i = A^*$.

Korak 6. Rangiranje prema preferencama. Odabire se alternativa s maksimalnom vrijednosti C_i^* ili se alternative rangiraju obzirom na vrijednost C_i^* u padajućem nizu.

2.2.3 METODA ELECTRE

Metoda ELECTRE¹² (Elimination et choix traduisant la realite) spada u metode suglasnosti (konkordanse). Redoslijed se alternativa u ovoj metodi generira prema prioritetu na način da mjera suglasnosti bude zadovoljena na najbolji način. Logika koju metoda slijedi je ta da se alternativa sa dovoljno visokim rangovima po više kriterija (atributa) rangira i u konačnoj analizi dovoljno visoko. ELECTRE je metoda linearne asignacije, odnosno ona spada u metode tzv „višeg ranga“ kao i metode PROMETHEE i AHP . Metodu ELECTRE može se najjednostavnije prikazati u nekoliko koraka:

Korak 1. Izračunava se normirana matrica odlučivanja na način da se elementi svakog stupca te

matrice dijele normiranom konstantom $N_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n f_j(a_i)^2}$. Tako normiranu matricu označit

ćemo s R.

¹² O metodi više, cf. Lootsma F.A. Multi-criteria decision analysis via ratio and difference judgement. Dordrecht: Kluwer; 1999.

Korak 2. Računanje normirane ponderirane matrice odlučivanja pri čemu se stupci matrice R iz prvog koraka množe pripadnim težinama (odgovarajućih kriterija) koje označavamo s w_i .

Korak 3. Formiranje skupova suglasnosti nesuglasnosti. Za svaki par alternativa A_p i A_q , skup atributa u dva različita podskupa. Skup suglasnosti koji se sastoji od svih atributa obzirom na koje je alternativa A_p „preferirajuća“ u odnosu na alternativu A_q . Taj se skup može zapisati kao $C(p, q) = \{j | v_{pj} \geq v_{qj}\}$ gdje je v_{pj} normirana težinska vrijednost alternative A_q obzirom na j-ti atribut. Drugim riječima skup $C(p, q)$ predstavlja zbirku atributa za koje je alternativa A_p bolja ili jednaka u obzirom na alternativu A_q .

Nasuprot tome, komplement skupa $C(p, q)$, koji nazivamo skup nesuglasnosti, sadrži sve atribute za koje je A_p lošiji od A_q i označavamo ga s $D(p, q) = \{j | v_{pj} < v_{qj}\}$.

Korak 4. Indeksi suglasnosti i nesuglasnosti.

Relativna jakost svakog skupa suglasnosti mjeri se na osnovi indeksa suglasnosti. Indeks suglasnosti C_{pq} predstavlja stupanj pouzdanosti u međusobnoj ocjeni alternativa ($A_p \rightarrow A_q$).

Indeks suglasnosti od $C(p, q)$ definira se kao $C_{pq} = \sum_{j^*} w_{j^*}$, u kojem j^* predstavlja atribute sadržane u skupu suglasnosti $C(p, q)$.

S druge strane indeks nesuglasnosti mjeri jakost skupa $D(p, q)$ i predstavlja stupanj nesuglasja

između alternativa ($A_p \rightarrow A_q$). Definira se kao $D_{pq} = \frac{\sum_{j^\circ} |v_{pj^\circ} - v_{qj^\circ}|}{\sum_j |v_{pj} - v_{qj}|}$ i gdje j° predstavlja

atribute sadržane u skupu $D(p, q)$.

Korak 5. Relacije višeg ranga. Relacija dominacije alternative A_p nad alternativom A_q postaje jača što je viši indeks suglasnosti C_{pq} , a niži indeks nesuglasnosti D_{pq} . Metoda definira da

alternativa A_p nadilazi alternativu A_q kada je $C_{pq} \geq \bar{C}$ i $D_{pq} \geq \bar{D}$ gdje su \bar{C} i \bar{D} prosjeci od C_{pq} i D_{pq} respektivno.

Metoda ELECTRE pogodna je za izradu u modelima u kojima se koristi fuzzy logika (neizrazita logika), odnosno pruža mogućnosti iskazivanja atributa alternativa fuzzy brojevima te je kao takva pogodna u korištenju fuzzy relacije preferencije¹³.

2.2.4 METODA PROMETHEE

Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation ili skraćeno PROMETHEE¹⁴ pripada također grupi metoda u kojima se višekriterijski odabir vrši u skupu alternativa koje opisuje više atributa koji se u metodologiji koriste kao kriteriji. U metodi se promatra sljedeći višekriterijski problem

$$\max \{ (f_1(a), f_2(a), f_3(a), \dots, f_n(a)) \mid a \in A \}$$

U kojem A predstavlja konačan skup aktivnosti, dok su $f_i(a)$ za $i=1, \dots, n$ kriteriji koristi koje treba maksimizirati, odnosno zadovoljiti prema principu „veće je bolje“ (kriteriji mogu biti i kriteriji troškova pri čemu se postupak prilagođava tim kriterijima). Dva osnovna kriterija karakteriziraju PROMETHEE metodu. Prvi je korak konstrukcija relacije preferencije u skupu alternativa A , a drugi je korak korištenje te relacije da bi se riješio ranije opisani višekriterijski problem maksimizacije.

Na početku je potrebno uvesti funkciju preferencije koja opisuje preferenciju DO za akciju a u odnosu na akciju b . Ta se funkcija određuje za svaki kriterij posebno i ona poprima vrijednost iz intervala $[0,1]$. Vrijednost funkcije opisuje odnos DO spram situacije. Ukoliko je vrijednost

funkcije manja veća je indiferentnost DO, a što je vrijednost bliža vrijednosti 1, veća je preferencija DO. Neka funkcija f_i predstavlja određeni kriterij, a a i b dvije alternative iz skupa

¹³ Podrobnije o primjeni: <http://husky.if.uidaho.edu/pubs/ETRAN96.pdf>

¹⁴ Hunjak, T.: Mathematical foundations of the methods for multicriterial decision making, Mathematical Communications, Vol 2, 1997, p 161-169.

A. Funkciju preferencije označit će se s $P(a,b)$ (čitamo ; a u odnosu na b) i definira se kao

$$P(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{za } f(a) \leq f(b) \\ p[f(a), f(b)] & \text{za } f(a) > f(b) \end{cases}$$

Za konkretne se slučajeve formira funkcija preferencije sljedećeg tipa $p[f(a), f(b)] = p[f(a) - f(b)]$ i predstavlja razliku kriterijalnih vrijednosti alternativa.

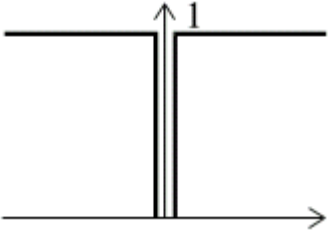
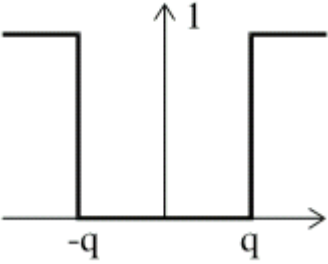
Ona ovisi o razlici vrijednosti $f(a)$ i $f(b)$. Funkcija $p[f(a) - f(b)]$ je neopadajuća funkcija i poprima vrijednost nula za negativne vrijednosti razlike. Područje indiferencije opisuje sljedeća

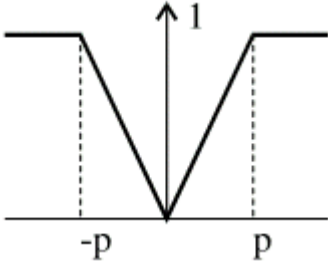
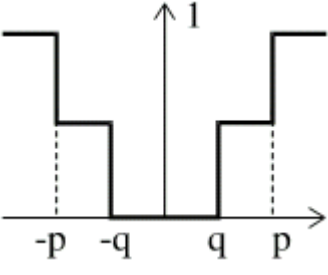
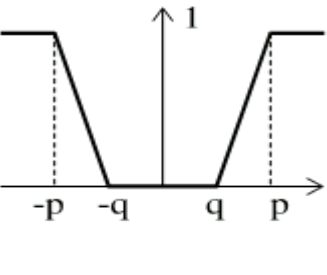
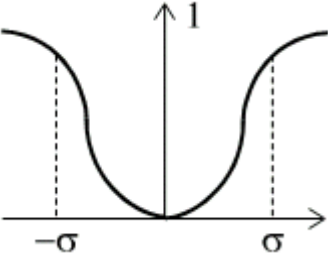
funkcija $H(d) = \begin{cases} p(a,b) & d \geq 0 \\ p(b,a) & d < 0 \end{cases}$ gdje je $d=f(a)-f(b)$. Prema provedenim istraživanjima šest

tipova funkcije preferencije obuhvaća većinu slučajeva koji se pojavljuju u praktičnoj primjeni.

Tipovi funkcija su prikazani u tabeli niže.

Tablica 2.2 Tipovi funkcija preferencije za PROMETHEE metodu

TIP KRITERIJA	ANALITIČKA DEFINICIJA	GRAF	PARAMETRI KOJE JE POTREBNO ODREDITI
Običan kriterij	$p(d) = \begin{cases} 0, d = 0 \\ 1, d \neq 0 \end{cases}$		-
Kvazi kriterij	$p(d) = \begin{cases} 0, d < q \\ 1, d \geq q \end{cases}$		q

<p>Kriterij s linearnom preferencijom (KLP)</p>	$p(d) = \begin{cases} \frac{ d }{p}, & d < p \\ 1, & d \geq p \end{cases}$		<p>p</p>
<p>Kriterij razina</p>	$p(d) = \begin{cases} 0, & d < q \\ 0,5, & q < d < p \\ 1, & d > p \end{cases}$		<p>p,q</p>
<p>KLP i podričjima indiferencije</p>	$p(d) = \begin{cases} 0, & d < q \\ \frac{ d -q}{p-q}, & q < d < p \\ 1, & d > p \end{cases}$		<p>q,p</p>
<p>Gaussov kriterij</p>	$p(d) = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}} \end{cases}$		<p>σ</p>

Izvor : poglavlje iz knjige <http://info.wlu.ca/~wwwmath/courses/graduatecourses/ma536/promethee.pdf>

2.2.5 AHP METODA

Ova metoda će se detaljnije obraditi u sljedećem poglavlju, a sada će se ukratko objasniti njezin princip.

Analitički hijerarhijski proces (AHP)¹⁵ esencijalno predstavlja formaliziranje intuitivnog poimanja kompleksnog problema korištenjem hijerarhijske strukture. Značajka AHP-a omogućavanje donosiocu odluke da se problem višeatributnog (kriterijskog) odlučivanja vizualizira u obliku hijerarhije atributa. Hijerarhija mora imati barem tri razine: cilj se nalazi na vrhu, kriteriji u sredini i na dnu se nalaze opcije ili alternative. Ukoliko su kriteriji vrlo apstraktne prirode ili razumijevanje problema to zahtijeva, tada se formira i više razina podkriterija. Uspoređivanje kriterija se vrši u parovima, jer bilo bi vrlo teško uspoređivati sve kriterije odjednom pogotovo ukoliko ih na jednoj hijerarhijskoj razini ima više od sedam. Kako bi se donosiocu odluke omogućila lakša ocjena u parovima, Saaty¹⁶ je formirao skalu intenziteta s devet stupnjeva za mjerenje važnosti između dva elementa. Prvi korak je formiranje tzv. Matrice uparivanja, sljedeći korak je utvrđivanje težina svakog elementa u matrici. Za aproksimacijsku metodu koja će omogućiti dovoljno dobre rezultate u većini situacija Saaty je predložio korištenje geometrijske sredine za retke, odnosno svi se elementi retka pomnože i računa se potom n-ti korijen dobivene vrijednosti, a potom se novo dobiveni stupac normira (tj. dijeli ga se sumom tih brojeva iz stupca). Završni stadij AHP je izračunavanje doprinosa svake alternative postavljenom cilju agregiranjem dobivenih težina vertikalno. Krajnji prioritet svake alternative dobiva se sumiranjem produkta težina kriterija i doprinosa alternative, obzirom na promatrani kriterij. Na kraju se odabire ona čiji prioritet ima najveću vrijednost.

Ova je metoda jedna od najpopularnijih metoda višekriterijske analize zato jer je grafički prikaz čini vrlo jasnom za JO, te je u svakom koraku moguće vrlo lako dijagnosticirati pogrešku ukoliko do nje dođe.

¹⁵ Vidi više u: Saaty, T. L.: *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh, 2006.

¹⁶ Bitno je napomenuti da je Thomas L. Saaty ujedno i utemeljitelj same metode i tzv. Saaty-eve skale prema kojoj se određuju težine kriterija i prioriteti alternativa

2.2.6 USPOREDBA METODA VIŠEKRITERIJSKE ANALIZE

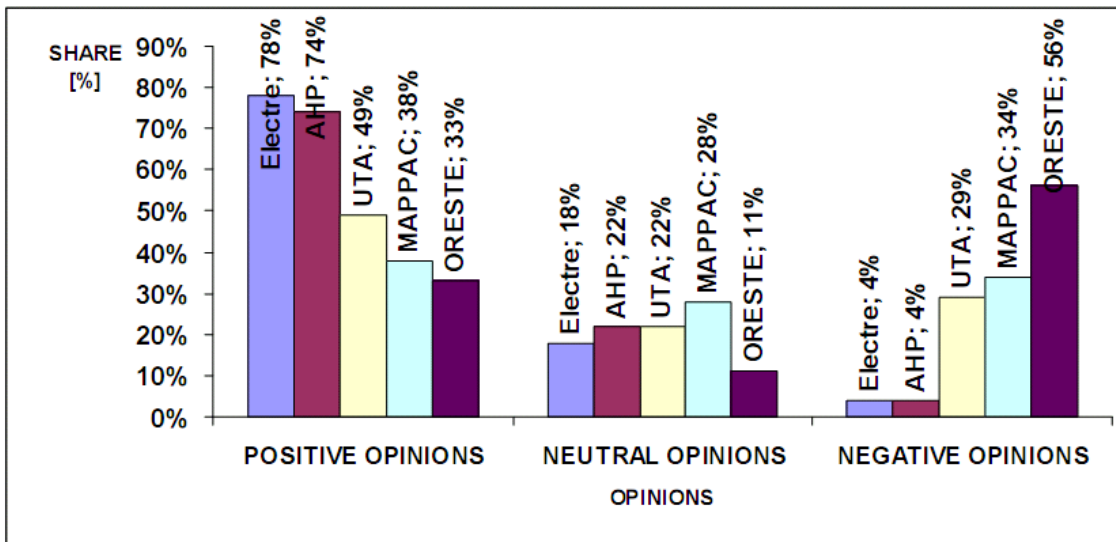
Nekompenzacijske metode najčešće posjeduju jedinstveni kontekst odlučivanja s kojim se DO susreće, koji odluku može učiniti neproizvoljnom, međutim između kompenzacijskim metodama postaje još jedan višekriterijski problem. Primjerice, donositelj odluke može koristiti TOPSIS ELECTRE ili bilo koju metodu rangiranja istim uvjetima odlučivanja. U odabiru metode Hobbs, Chakong, Hamadeh i Stakhiv (1992) sugeriraju da se ima na umu odgovore na sljedeća pitanja:

- Koja je metoda adekvatna za problem koji se rješava, za ljude koji je koriste i u kojem institucionalnom položaju će biti korištena?
- Koliko je metoda jednostavna za korištenje?
- Koja metoda najtočnije odražava vrijednosti donosioca odluke tj. koja je ona metoda koja će po svoj prilici vrijediti za odabrani problem?
- Da li se rezultati korištenjem različitih metoda znatno razlikuju?

Kako bi odgovorio na to pitanje Hobbs (1992) uspoređuje 4 kompenzacijske metode i dolazi do zaključka da ne postoji signifikantna razlika obzirom na jednostavnost korištenja i adekvatnost određene metode. Karni, Sanchez i Tumalla (1990) razmatrali su tri slučaja iz stvarnog života da bi usporedili razlike u rangiranju nekoliko metoda i došli su također do zaključka da se metode AHP, SAW i ELECTRE signifikantno ne razlikuju. Zaključak koji Yoon i Hwang na kraju svoje knjige iznose je sljedeći “Krucijalni faktor za dobru višekriterijsku analizu ne leži u odabiru metode za višekriterijsku analizu već u dobrom generiranju adekvatnih atributa“. Autori nadalje sugeriraju da se prilikom formiranja hijerarhije koristi pristup obzirom na postavljeni cilj tj. da se hijerarhijska struktura kriterija i podkriterija formira obzirom na postavljeni cilj. Takav će pristup, smatraju oni, omogućiti donosiocu odluke da utvrdi hijerarhiju atributa i time onemogućiti usporedbu i zamjenu atributa na različitim hijerarhijskim razinama.

U novijim istraživanjima Jacek Zak uspoređuje pet metoda višekriterijske analize i dobiva sljedeće rezultate (vidi slika 2.2). Rezultati su dobiveni od strane donosioca odluka koji su koristili metode u rješavanju tri realna problema.

Slika 2.1 Rezultati dobiveni usporedbom pet metoda za višekriterijsku analizu



Izvor: Jacek, Z., 2007. The Comparison of Multiobjective Ranking Methods Applied to Solve the Mass Transit Systems' Decision Problems. <http://www.iasi.cnr.it/ewgt/16conference/ID154.pdf>, accessed November 14, 2007

Obzirom na provedeno istraživanje zaključuje da:

- sve metode imaju univerzalni karakter i da se kao takve mogu primjenjivati u širokom spektru višekriterijskih problema.
- ELECTRE i AHP metoda okarakterizirane su kao pouzdane i user's friendly metode te su se u finalnom rangiranju pokazale kao najbolje.
- UTA metoda se preporuča kod velikog broja varijanti dok se ELECTRE, Oreste i Mappic preporučaju u manjim problemima. AHP metoda se preporučuje u oba slučaja.
- Prema ispitanicima bi idealna višekriterijska metoda trebala rezultate prikazivati u grafičkom i numeričkom obliku.

Obzirom na sve navedeno zaključuje se da je AHP metoda prikladnija od metode ELECTRE za analizu problema efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava budući da taj problem zahtjeva uključivanje velikog broja atributa (gradskih uprava). Naime, iz prethodno izloženog pokazalo se da je metoda ELECTRE prikladnija za manje probleme. Sljedeće poglavlje bavit će se teorijskom podlogom AHP metode i mogućnostima njezine upotrebe.

3. ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES (AHP)

Analitički hijerarhijski proces potječe iz W. School of business. Utemeljitelj metode je Thomas L. Saaty. AHP jest metoda višekriterijskog odlučivanja koja omogućava raščlanjivanje složenog problema u hijerarhijsku strukturu u kojoj je jasno vidljiva veza između cilja, kriterija, podkriterija i mogućih alternativa. Prednost je ove metode što se neizvjesnost i ostali faktori koji utječu na odluku, a nisu mjerljivi, mogu uključiti u razmatranje. AHP je utoliko praktična metoda, jer se raznorodne vrste podataka kao što su oni kvantitativne i kvalitativne prirode (iskustvo, intuicija, pronicljivost) mogu međusobno uspoređivati tj. dozvoljava inkorporaciju objektivnih i subjektivnih razmatranja u proces odlučivanja za razliku od ostalih metoda višekriterijskog odlučivanja¹⁷. Ljudska bića lakše donose relativne od apsolutnih odluka i u tom smislu AHP otvara nove mogućnosti i dozvoljava da uz pomoć riječi možemo uspoređivati kvalitativne faktore, te tako izvoditi omjer skale prioriteta koja se može kombinirati s kvantitativnim faktorima. Najjednostavnije rečeno ova je metoda odlučivanja najprirodnija ljudskom načinu razmišljanja, a samim time i vrlo jednostavna za savladavanje prilikom rješavanja različitih problema. Korištenjem AHP-a moguće je predvidjeti predsjedničke izbore, rezultate sportskih natjecanja, i sl.

AHP je, možemo reći, kompenzacijska metodologija odlučivanja, jer alternative koje su zakinite u odnosu na jedan ili više kriterija mogu taj manjak kompenzirati obzirom na preostale kriterije, što je u konačnici dobro jer se kao konačni rezultat dobiva ona alternativa koja će u odnosu na sve kriterije biti najprihvatljivija kao rješenje.

AHP je sastavljena od različitih koncepata i tehnika (hijerarhijsko restrukturiranje, uspoređivanje u parovima, računanje svojstvenih vektora za izvođenje težina i sl.) koje su pod nazivom AHP objedinjene u novu metodu odlučivanja. Jednostavno rečeno, može se reći da je T.L. Saaty uspio od svih ovih metoda stvoriti sinergijsku kombinaciju čija je snaga veća od snage pojedinih dijelova.

¹⁷ Više o tome u : Forman, E. H. i Selly, M. A.: Decision by objectives, World Scientific Publishing, 2002.p 22-24

❖ USPOREDBA U PARU.¹⁸

Usporedba dva elementa i dosta precizno utvrđivanje njihovih međusobnih odnosa sa subjektivnim elementima odlika je bliska ljudskoj prirodi. Nije teško usporediti dvije vrijednosti ako su one dane nekim konkretnim vrijednostima i mjernim jedinicama ili u nekom metričkom sustavu, jer znamo svi da je 5 veće od 3 ili 100V manje od 120V, međutim ako se radi o nekim neopipljivim veličinama tada ih je teško usporediti, ali uvijek ćemo znati odrediti određeni prioritet i dati prednost jednoj od njih. Način na koji to svi činimo vrlo je prirodan, a može se opisati na način da zamislimo da pred sobom imamo nekoliko oblutaka različitih dimenzija i moramo odrediti koji je od njih najteži. Najjednostavniji način da to odredimo je da uzimamo po jedan kamen u svaku ruku i odredimo njihove relativne težine po principu ovaj je teži od ovoga, ovaj je teži od ovog drugog i tako redom dok ih ne posložimo po težini. Upravo na tom principu funkcionira i AHP metoda. Dvougledimo li se oko nekog odjavnog predmeta i uzmemo li u obzir njegovu cijenu, kvalitetu i boju zacijelo ćemo jednom od danih kriterija dati prednost i on će presuditi u našem odabiru, međutim kako ta tri kriterija nisu međusobno mjerljiva, presudit će naš unutarnji glas koji će odvagnuti i prema principu preferencije dodijeliti svakom kriteriju težinu. Dakle, koristeći se AHP metodom najvažnije je znati kojem kriteriju dodijeliti najveću važnost i tako redom. To dodjeljivanje može biti determinirano subjektivnom preferencijom, kvantitativnim pokazateljem ili pak teoretski potkrijepiti literaturom ili riječju stručnjaka iz danog područja.

Ovakva se procjena odlikuje mogućnošću korištenja međusobne usporedbe bilo koja dva čimbenika, pri čemu je bitno da se uvažavaju njihove karakteristike i zadani ciljevi. Utjecaj na procjenu u ovoj metodi ima u određenoj mjeri osoba ili skupina koja zastupa određenu sklonost. Međutim budući da se uvijek radi o vrlo kompleksnoj hijerarhiji u kojoj se kriteriji, alternative i ostali čimbenici međusobno isprepliću, te gotovo uvijek u prvi plan izlazi racionalnost razmišljanja, čak ako smo i pri pojedinim dodjeljivanjima prioriteta bili dosta subjektivni-konačan će nas rezultat iznenaditi i biti neočekivano realan.

¹⁸ Harker, P.T.: Incomplete Pairwise Comparisons in the Analytic Hierarchy Process, , Mathematical Modelling 9/11, pp 837-848

- AHP metoda je vrlo popularna iz sljedećih razloga¹⁹:

Unatoč čvrstim matematičkim temeljima, AHP je radi svoje jednostavnosti poželjna kako u praktičnoj primjeni tako i u proučavanju akademskih krugova u cilju njezina poboljšavanja. Zašto je ova metoda tako popularna objasnio je njen utemeljitelj T.L. Saaty u nekoliko točaka:

- Ljudi ovu metodu smatraju prirodnom i češće je prihvaćaju nego zaobilaze
- Ne zahtijeva napredno tehničko znanje i gotovo svatko je može koristiti
- Uzima u razmatranje odluke temeljene na ljudskim dojmovima i osjećajima, ali i na njihovu razmišljanju
- Bavi se neopipljivim usporedno s opipljivim činjenicama tj. kombinira ono što je pojmljivo umu i ljudskim osjetilima.
- Izvodi skalu iz recipročnog uspoređivanja umjesto da dodjeljuje vrijednosti obzirom na mišljenje.
- Zahtijeva da vrijednosti na skali budu interpretirane obzirom na kriterije problema.
- Adekvatnom hijerarhijskom prezentacijom danog problema u mogućnosti je uhvatiti se u koštac s problemima rizika, konflikta i predviđanja.
- Radi se o pristupu koji se bavi time koliko je dobro donesena odluka nego kako bi se te odluke trebale donositi
- Donosi jednostavnu i učinkovitu proceduru kako bi se dobio traženi odgovor, čak i u grupnom odlučivanju gdje se mora uzeti u razmatranje mišljenja raznih eksperata i njihovih preferencija.

Postaviti na kraj kao prednosti metode

Nakon ovako kratkog uvida čudno bi bilo, a da se ne upitamo koliko je znanost apsolutno objektivna. Međutim, sam autor AHP metode stava je da ne postoji relativna mjerna skala da ne bi postojala niti apsolutna, jer je sam čovjek skloniji relativnom načinu razmišljanja od onog apsolutnog.

¹⁹ Sastavljeno prema: Saaty, T. L.: Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh, 2006.

3.1 HIJERARHIJSKA STRUKTURA AHP METODE

Odlučivanje je vrlo složen proces koji ovisi o mnoštvu čimbenika i već je ranije rečeno da je krajnji cilj iz mnoštva alternativa izabrati onu najbolju. Možda se nije uvijek najbolje osloniti na kvantitativne metode, jer u takvom odabiru izostavljamo one faktore koji su kvalitativne prirode, a to nije korektno, jer se neki puta jednostavno ne može zanemariti nečije iskustvo, znanje i intuicija.

Svako odlučivanje započinje postavljanjem cilja ili ciljeva. Osnovna podjela ciljeva jest na one kvantitativne i kvalitativne. Kvalitativni ciljevi su oni ciljevi koji nisu mjerljivi i ne mogu se opisati klasičnim matematičkim relacijama npr. ukoliko se radi o imidžu neke firme, dok su kvantitativni oni ciljevi oni koji se mogu mjeriti određenim veličinama i prikazati određenim matematičkim relacijama. Između svega navedeno potrebno je i dobro utvrditi hijerarhiju ciljeva na temelju koje će se izvršiti vrednovanje. U ovom hijerarhijskom odlučivanju posebno se ističe upravo AHP metoda koja za razliku od svih ostalih klasičnih metoda nije kruta, jer omogućava laku usporedbu kvantitativnih i kvalitativnih kriterija, te više ciljeva odjednom. Međusobna usporedba kvantitativnih i kvalitativnih kriterija omogućena je upravo osmišljavanjem Saaty-eve skale koja je univerzalna i nema mjerne jedinice, te je međusobna usporedba raznorodnih kriterija moguća.

Istraživanja su pokazala da prosječan čovjek ima ograničenje da razmišlja o najviše sedam stvari istovremeno, što se temelji na kapacitetu kratkoročne memorije, stoga bi bilo suludo pokušati riješiti neki kompleksan problem „napamet“²⁰. Međutim, u ljudskoj je prirodi da određeni problem raščlani na manje cjeline, a potom ga pokuša riješiti. Iz tog razloga predstavljanje nekog problema u hijerarhijskoj strukturi ljudski način razmišljanja vrlo lako prihvaća, a kako se prilikom procjene međusobnih odnosa, u okviru nekog problema, ne bismo vodili subjektivnim procjenama, Analitički hijerarhijski proces polazi od pretpostavke uspoređivanja u paru što je prirodnije ljudskom načinu razmišljanja, ali je za takav način usporedbe potrebno problem raščlaniti upravo u hijerarhijsku strukturu u kojoj će se elementi na istoj hijerarhijskoj razini uspoređivati u paru (bilo da se radi o kvalitativnim ili kvantitativnim elementima).

²⁰ Više o tome u : Saaty, T. L.: Decision Making for Leaders, RWS Publications, Pittsburgh, 1992.

Zaključuje se na temelju svega dosad iznesenog da je AHP metoda zaista vrlo bliska ljudskom načinu razmišljanja. Budući da sada govorimo o strukturi hijerarhije, najjednostavnije ju je prikazati na način u kojem je cilj na vrhu hijerarhije, zatim slijede kriteriji, dok se na dnu hijerarhije nalaze alternative kao moguća rješenja. E.C. Forman te je hijerarhijske strukture klasificirao prema kompleksnosti, od čega su ovdje prikazane tri osnovne (vidi tablicu 3.1)

Prilikom formiranja hijerarhijske strukture potrebno se je voditi sljedećim principima²¹:

- Krenuti od općenitih i manje kontrolabilnih prema specifičnim i kontrolabilnim elementima
- Utvrditi da li je moguće da se elementi na razini hijerarhije mogu usporediti s onima na nižoj razini
- Hijerarhija treba biti dovoljno detaljna da opiše problem, ali i u toj mjeri jednostavna kako bi se mogla provesti osjetljivost

Tablica 3.1 Tablični prikaz osnovnih struktura analitičkog hijerarhijskog procesa

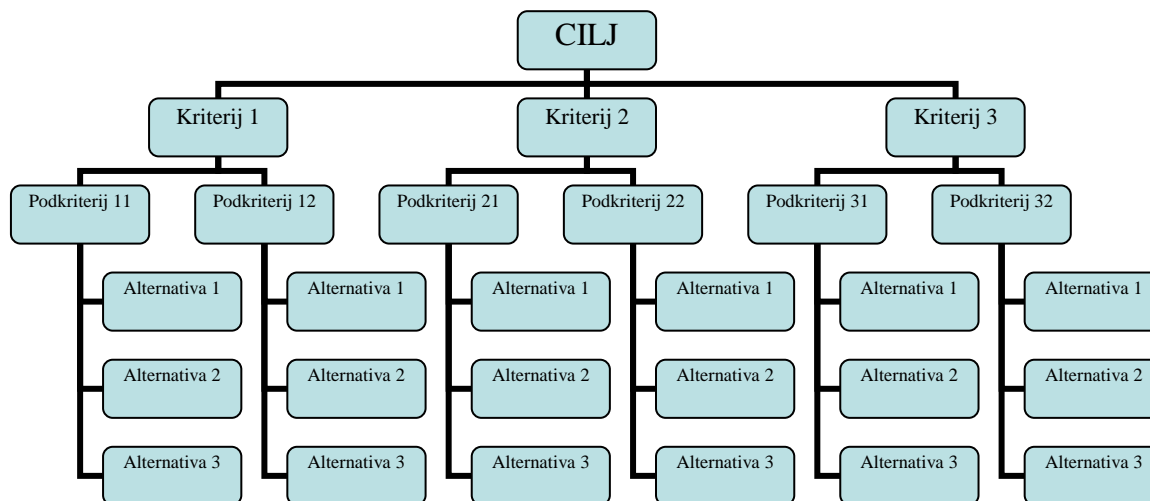
OSNOVNA STRUKTURA	STRUKTURA 1	STRUKTURA 2
Cilj, Kriteriji, Alternative	Cilj, Kriteriji Podkriteriji Alternative	Cilj Scenarij, Kriteriji Podkriteriji Alternative

Izvor: Pavlović I.: Kvantitativni modeli i metode u poslovnom odlučivanju; Ekonomski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Mostar, 2005

²¹ Forman, E. H. i Selly, M. A.: Decision by objectives, World Scientific Publishing, 2002

Struktura hijerarhije koncipirana je na način da vodi prema ostvarenju cilja koji je postavljen prilikom određivanja problema. Grafički prikaz jednog takvog problema trebao bi izgledati kako je prikazano na slici niže.

Shema 3.1 Grafički prikaz strukture hijerarhije analitičkog hijerarhijskog procesa



Izvor: Autor prema Saaty, T. L.: Analytical Planning, RWS Publications, Pittsburgh, 1991.

Na slici je prikazana osnovna hijerarhijska struktura u tri razine dok je u stvarnosti rijetko koji problem tako jednostavan, jer se obično radi o puno više kriterija, podkriterija i alternativa.

Razvrstavanje ciljeva, atributa, ishoda i interesnih grupa u hijerarhiju dobro je iz tri razloga²²:

- omogućuje cjelokupan pregled kompleksnosti veza svojstvenih danoj situaciji
- evidentira širenje utjecaja važnijih i općenitijih kriterija do onih manje važnih
- dopušta donosiocu odluke da ocijeni da li će uspoređivati pitanja istim redom veličine ili će utjecati na ishod.

²² Pavlović I.: Kvantitativni modeli i metode u poslovnom odlučivanju; Ekonomski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Mostar, 2005.

Jedino ograničenje koje se postavlja prilikom određivanja hijerarhije je da bilo koji element na određenoj razini hijerarhije mora biti u odnosu s pripadajućim elementom na višoj razini, jer služi kao kriterij za ocjenu utjecaja elemenata na niže razine.

Hijerarhije imaju mnogo prednosti, a osnovne četiri su²³ :

- Hijerarhijski prikaz sustava može se koristiti za opisivanje kako promjene u prioritetima na višoj razini utječu na promjene prioriteta elemenata na nižim razinama
- Daje mnoštvo detaljnih informacija o strukturi i funkcioniranju sustava na nižim razinama te omogućava pregled čimbenika i njihovu svrhu na višim razinama.
- Prirodni sustavi sastavljeni su hijerarhijski tj. kroz modularnu konstrukciju i finalni sklop od modula, te se kao takvi razvijaju efikasnije nego kao cjelina
- Stabilne su i fleksibilne; stabilne u smislu da male promjene uzrokuju male efekte, a fleksibilne u smislu da proširenja u dobro strukturiranoj hijerarhiji neće uzrokovati poremećaj rezultata

Koliko god se razvoj hijerarhije čini jednostavnim potrebno je uvesti i definiciju racionalnosti kojom se vodimo prilikom razvijanja jedne takve kompleksne strukture. U analitičkom hijerarhijskom procesu racionalnost se definira na sljedeće načine:

- Fokusiranje na cilj kako bi se riješio problem
- Imati dovoljno znanja o problemu kako bi se putem njega razvila struktura relacija i utjecaja
- Imati potrebno znanje i iskustvo za pristup znanju i iskustvu drugih kako bi se ocijenili prioriteti utjecaja i dominacije (važnost, preferencija ili vjerojatnost u težnji za postizanjem cilja) među relacijama u strukturi.
- Dozvoliti razlike u mišljenjima sa sposobnošću razvijanja najboljeg kompromisa

²³ Saaty, T. L.: Decision Making for Leaders, RWS Publications, Pittsburgh, 1992.

U osnovi postoje dvije osnovne strukture hijerarhija. To su generička hijerarhija za dugoročno planiranje i hijerarhija povratnog planiranja. Kod prve hijerarhije razine se sukcesivno spuštaju od cilja prema niže obzirom na: vremenski vidokrug, nekontrolabilna ograničenja okoline, moguće scenarije rizika, interesne grupe, ciljeve interesne grupe (svakog člana pojedinačno), politike interesne grupe i dr. Kod hijerarhije planirane unazad (povratno) razine se sukcesivno spuštaju od cilja odabirući najbolji rezultat prema: preuranjenom scenariju, problemima i mogućnostima, sudionicima i koalicijama, ciljevima sudionika, pravilima sudionika, i sl.

Za konstrukciju hijerarhije potrebno je imati dobro razvijen kreativan način razmišljanja, sjećanje, pamćenje, mogućnost uvida u tuđu percepciju te sposobnost učenja kroz proces konstruiranja. U praksi ne postoji definirana procedura za generiranje ciljeva, kriterija i aktivnosti koji bi trebali biti uključeni u hijerarhijsku strukturu. Struktura hijerarhije je multilinearna i započinje silazno od najopćenitijih i manje kontrolabilnih (ciljeva, smjerova, kriterija i podkriterija) prema konkretnijim i kontrolabilnijim faktorima završavajući na razini alternativa. Koristan kriterij za provjeru valjanosti hijerarhija je odrediti da li se elementi više razine mogu koristiti kao zajednički atributi za međusobnu usporedbu elemenata na razini niže. U konstruiranju hijerarhije odozgo posebno je korisno upitati se mogu li se odabrani elementi usporediti u odnosu na svaki element na razini iznad. Funkcionalna reprezentacija sustava može se razlikovati od osobe do osobe, ali sudionici se obično slože u razini odabira alternativa i sljedećoj višoj.

3.2 METRIKA AHP METODE

U statističkoj teoriji skale numeričkog izražavanje podataka dijele se u četiri osnovne obzirom na metrička svojstva; nominalnu, ordinalnu, intervalnu i omjernu²⁴.

- *Nominalna skala* (lat. nomino= imenovati) dobiva se na način da se umjesto verbalnog opisa osobe, predmeta ili događaja navodi određeni broj
- *Ordinalna skala* (lat. ordino=poredati) pridružuje slova ili brojeve elementimaskupa prema intenzitetu mjenog svojstva. Dobiva se međusobnim uspoređivanjem statističkih

²⁴ Izrađeno po uzoru na Forman, E. H. i Selly, M. A.: Decision by objectives, World Scientific Publishing, 2002

jedinica obzirom na neko obilježje pri čemu brojevi ne služe da bi se ukazalo i na veličinu razlike.

- *Intervalna skala* – pridružuju se brojevi prema intenzitetu mjerenog svojstva, ima dogovorno utvrđenu nulu i definiranu mjernu jedinicu (npr. temperaturna mjerna skala). Mogu se točno odrediti veličine razlika između pojava (npr. razlika u znanju dva učenika A=5bodova, B= 25 bodova (1:5))
- *Omjerna skala* – pridružuju se brojevi prema intenzitetu mjerenog svojstva pri čemu nula predstavlja nepostojanje određenog svojstva, tj postoji apsolutna nula. Ima definiranu mjernu jedinicu, a omjeri vrijednosti imaju smisleno značenje

U analitičkom hijerarhijskom procesu prilikom procjene vrijednosti omjera težina i važnosti alternativa pomaže nam Saaty-eva skala čiji je zadatak procjena omjera važnosti dvaju kriterija kada se njihove vrijednosti izražavaju kvantitativno, kvalitativno i u različitim mjernim jedinicama. Saaty-eva skala je omjerna skala koja ima pet stupnjeva intenziteta i četiri međustupnja pri čemu svakom od njih odgovara vrijednosni sud o tome koliko je puta određeni kriterij važniji od drugog.

3.2.1 SAATY-EVA SKALA²⁵

Već su u 19 st. Ernest Heinrich Weber i Gustav Theodor Fechner proučavali pojam stimulacije, reakcije i skale vrijednosti, te njihovu međusobnu povezanost. Weber je 1846 formulirao zakon obzirom na stimulus (podražaj) mjerljivih magnitudi. Naime, otkrio je da čovjek vrlo suptilno može odrediti razliku u težini držeći u ruci različite, približno jednake težine kao npr. 40g i 45 g. Ukoliko ne uspije utvrditi razliku između 10g i 13 g, uspjet će usporedi li prvu spomenutu težinu s 15g i tako redom.

²⁵ Saaty, T. L.: Decision making with the analytic hierarchy process, International Journal of Services Sciences, Volume 1, Number 1 / 2008, str. 83 - 98

Weberov zakon tvrdi da se promjena u intenzitetu doživljaja primijeti kada se stimulus poveća za konstantni postotak njega samog. Ovaj se zakon može opisati jednakošću $s + \Delta s$ tj. $r = \frac{\Delta s}{s}$ pri čemu dobiveni omjer ne ovisi o varijabli s .

1860g. Fechner je taj zakon matematički opisao kao niz opaženih stimulansa u porastu pri čemu je prvi označio sa s_0 , sljedeći sa s_1 i.t.d, pri čemu među njima vrijedi sljedeća veza:

$$s_1 = s_0 + \Delta s_0 = s_0 + \frac{\Delta s}{s_0} \cdot s_0 = s_0(1+r)$$

$$s_2 = s_1 + \Delta s_1 = s_1(1+r) = s_0(1+r)(1+r) = s_0(1+r)^2$$

.

.

tj. općenito vrijedi da je

$$s_n = s_0(1+r)^n \text{ za } n = 1, 2, 3, \dots, n$$

Ovi stimulansi opaženih diferencija uzastopno prate geometrijski rast. Fechner je, međutim, primijetio da korespondirajući doživljaji trebaju međusobno pratiti aritmetički niz u diskretnim točkama u kojima se baš te opažene diferencije pojavljuju, što je i omogućeno ukoliko

izračunamo ove jednakosti $s_n = s_0(1+r)^n$ izrazimo n

$$s_n = s_0(1+r)^n \quad | \log$$

$$\log s_n = \log s_0 + \log(1+r)^n$$

$$\log s_n = \log s_0 + n \log(1+r)$$

$$n \log(1+r) = \log s_n - \log s_0$$

$$n = \frac{\log s_n - \log s_0}{\log(1+r)} = \frac{\log \frac{s_n}{s_0}}{\log(1+r)}$$

pri čemu je doživljaj linearna funkcija logaritma stimulansa. Stoga, označimo li s M doživljaj, a sa s stimulans, psihofizički zakon Weber- Fechnera dan je sa jednakosti $M = a \cdot \log s + b$ pri čemu je $a \neq 0$.

Pretpostavlja se da stimulansi proizlaze iz usporedbi u paru, relativno usporedivih aktivnosti. Budući da veličine izražene u omjerima nisu u dosegu interesa slijedi da je $b = 0$ iz čega se zaključuje da je $\log s_0 = 0$ tj. $s_0 = 1$, što je moguće prilikom kalibriranja jedinice stimulansa tj. usporedbi jedne aktivnosti same sa sobom.

Nadalje vrijedi da je

$$s_1 = s_0 \alpha = \alpha \quad (\text{jer je } s_0 = 1)$$

Sljedeći stimulus je

$$s_2 = s_1 \alpha = s_0 \alpha^2$$

što donosi rezultat za $n=2$ i tako redom.

Ljudska sposobnost da stvori kvalitativnu razliku dobro se može izraziti uz pomoć 5 intenziteta, a to su *jednako važno, umjereno važno, jako važno, vrlo jako važno, ekstremno važno*. Također je moguć kompromis među susjednim intenzitetima kada je potrebna veća preciznost.

Ukoliko je potrebna veća preciznost u izražavanju određene preference, tada se među intenzitetima može postići kompromis od 9 vrijednosti intenziteta kao što je to prikazano u tablici 3.2 radi se o skali apsolutnih vrijednosti za vršenje usporedbi poznatijoj po nazivu Saaty-eva skala.

Tablica 3.2 Saaty-eva skala osnovnih vrijednosti

Intenzitet važnosti	DEFINICIJA	POJAŠNENJE
1	Jednaka važnost	Dvije aktivnosti (alternative ili kriterij)jednako pridonose cilju
2	Jednako do umjereno	
3	Umjereno važnije	Temeljem iskustva i procjene umjereno se prednost daje jednoj aktivnosti u odnosu na drugu
4	Umjereno do jako	

5	Strogo dajemo prednost	Iskustvo i procjena strogo se favorizira jedna aktivnost u odnosu na drugu
6	Jako do vrlo jako	
7	Vrlo stroga prednost	Jedna je aktivnost izrazito se favorizira u odnosu na drugu
8	Vrlo stroga do izuzetno	
9	Ekstremna prednost	Evidentno je ekstremno favoriziranje jedne aktivnosti u odnosu na drugu na temelju dokaza potvrđenih s najvećim stupnjem uvjerljivosti

Izvor: Saaty T.L: Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh, 2007., p. 73.

Ukoliko je konzistentnost narušena premalim brojem vrijednosti u skali moguće ju je proširiti. Iz same je tablice vidljivo da se kvantitativni i kvalitativni kriteriji i alternative vrednuju na jednak način. Ukoliko se vratimo na analogiju dva kamena uvijek se može reći da je jedan kamen jednako težak u odnosu na drugoga ili da je jedan kamen puno teži u odnosu na drugi bez da nam je poznata njihova težina. Ukoliko se radi o usporedbi kriterija prilikom odabiranja teleoperatera tada je razumno da će cijena telefonskih usluga ili pokrivenost mreže dobiti prednost u odnosu na model mobilnih telefona koji se nude na akciji tijekom mjeseca.

Poželjno je da postoji način za donošenje odluka kada su dvije mjerne skale bliske. Neka je $W = (w_i / w_j)$ matrica omjera glavnog desnog vektora vrijednosti $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ pozitivne recipročne matrice A i λ_{\max} odgovarajuća osnovna svojstvena vrijednost te neka je $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

Definiramo odgovarajući SI indeks matrice odluka i matrice izvedenih omjera svojstvenih vektora kao $S.I. = \frac{1}{n^2} e^T A \circ W^T e$. Iz ovog izvoda slijedi sljedeći teorem²⁶.

²⁶ Svi teoremi i dokazi originalno su preuzeti iz Saaty, T. L.: Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh, 2006.

TEOREM 3.1 $\frac{1}{n^2} e^T A \circ W^T e = \frac{\lambda_{\max}}{n}$

Dokaz. Iz jednakosti $Aw = \lambda_{\max} w$ dobivamo $\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j = \lambda_{\max} w_i$ odnosno

$$\frac{1}{n^2} e^T A \circ W^T e = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{w_j}{w_i} = \frac{\lambda_{\max}}{n}.$$

U tablici 3.2 dane su informacije o kompatibilnosti i konzistentnosti za različite dimenzije matrice odlučivanja. Kada imamo omjerne skale možemo provjeriti njihovu kompatibilnost Hadamard-ovog produkta matrica njihovih omjera, pri čemu je druga matrica u produktu transponirana.

Tablica 3.3 Tablica kompatibilnosti i konzistentnosti

Broj elemenata (n)	Indeks kompatibilnosti (S.I.)	λ_{\max}	$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$	R.I.	C.R.=C.I./R.I.
3	1.017	3.052	0.026	0.52	0.05
4	1.053	4.214	0.071		0.08
5	1.089	5.444	0.111	1.11	0.10
6	1.104	6.625	0.125	1.25	0.10
7	1.116	7.810	0.135	1.35	0.10
8	1.123	8.980	0.140	1.40	0.10
9	1.129	10.106	0.145	1.45	0.10
10	1.134	11.341	0.149	1.49	0.10
11	1.137	12.510	0.151	1.51	0.10
12	1.141	13.694	0.154	1.54	0.10
13	1.144	14.872	0.156	1.56	0.10
14	1.146	16.041	0.157	1.57	0.10
15	1.147	17.212	0.158	1.58	0.10

Izvor: Saaty, T. L.: Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh, 2006.

Mjerenje predstavlja korisnu kvantitativnu informaciju kako bi se utvrdila razlika između veličina i između reda veličina. Numeričko razlikovanje drugačije je od onog spoznajnog. Kreativnost i razumijevanje povezani su s našom spoznajnom mogućnošću, ali ne i s našom mogućnošću preciznog mjerenja. Rijetko kada je potrebna krajnja preciznost za bilo koju vrstu razumijevanja i razlikovanja te su čak i u znanosti mjerenje i preciznost subjektivne u svojoj interpretaciji. Preciznost u pripremanju određenog lijeka je prijeko potrebna, međutim fleksibilnost njegove upotrebe je očita, jer se neovisno o ljudskoj konstituciji i specifičnostima pojedinca primjenjuje na masama. Opisana fleksibilnost u mjerenju omogućena je upravo ovom metodom.

3.3 AKSIOMI ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA I NJIHOVE POSLJEDICE

AHP metoda izgrađena je na čvrstim, ali jednostavnim teoretskim temeljima. Želimo li je prikazati slikovito možemo je usporediti s takozvanim tortnim grafikonom u kojemu cijelu tortu predstavlja cilj problema odlučivanja, a pojedina šnita te torte predstavlja kriterij koji doprinosi ostvarivanju tog cilja pri čemu AHP pomaže odrediti težinu svakom komadu torte. Svaki komad torte može se podijeliti u manje dijelove koji predstavljaju podkriterije i tako redom dok na samom dnu ne dobijemo “komadić” alternative i njihov doprinos tom podkriteriju. Dodajući prioritet svakom komadu torte u odnosu na alternative, određujemo koliko alternative pridonose cjelokupnoj organizacijskoj strukturi kriterija.

Tri su temeljna principa na kojima se temelji AHP metoda, a to su:

- ❖ Dekompozicija koja se odnosi na raščlanjivanje kompleksnog problema u hijerarhiju klastera, podklastera i tako dalje
- ❖ Komparativno odlučivanje primjenjuje se za konstruiranje usporedbu u parovima svih mogućih kombinacija elemenata klastera poštujući hijerarhiju (usporedba u parovima se koristi kako bi se izveli lokalni prioriteti elemenata klastera u odnosu na hijerarhiju roditelj-dijete)

- ❖ Hijerarhijska kompozicija koristi se radi multipliciranja lokalnih prioriteta elemenata u klusteru uz globalni prioritet elementa koji je viši u hijerarhiji, producirajući globalne prioritete kroz hijerarhiju i dodjeljujući ih nižim razinama- alternativama.

Kao i svaka druga teorije i teorija analitičkog hijerarhijskog procesa temelji se na aksiomatici. Njen temelj čine tri relativno jednostavna aksioma²⁷.

AKSIOM RECIPROČNOSTI. Ako je $P_C(E_A, E_B)$ usporedba u paru elemenata A i B u odnosu na njihov element roditelj C i donosi koliko element A posjeduje nekog svojstva u odnosu na element B, tada je $P_C(E_B, E_A) = \frac{1}{P_C(E_A, E_B)}$. Jednostavno rečeno, ako je element A n puta značajniji od elementa B, tada je element B 1/n puta značajniji od elementa A

AKSIOM HOMOGENOSTI tvrdi da se elementi koji se međusobno uspoređuju ne smiju međusobno puno razlikovati u protivnom će doći do većih grešaka prilikom donošenja odluka. Uspoređivanje ima smisla samo ukoliko su elementi usporedivi. (Prilikom kreiranja hijerarhije trebalo bi pripaziti da se kriteriji sortiraju u klastere, a da se pritom ne razlikuju pri usporedbi više od jednog reda veličine)

AKSIOM PRIORITETA (zavisnosti) tvrdi da odluke ili prioriteta elemenata u hijerarhiji ne ovise o elementima na nižoj razini. Naime, uspoređivanje je dozvoljeno između elemenata koji se nalaze na istom nivou u odnosu na element višeg nivoa, tj. usporedbe elemenata nižeg nivoa zavise o elementima na višoj hijerarhijskoj razini. Ovaj je aksiom posljedica same hijerarhijske strukture.

Prva dva aksioma su gotovo uvijek suglasna s primjenom u stvarnosti, dok posljednji zahtijeva posebnu pozornost i ne dozvoljava da se prekrši načelo koje je njime izneseno.

²⁷ Saaty, T. L.: The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making, Chapter 9, pp.345-407 in Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, edited by J. Figueira, S. Greco, and M Ehrgott, Springer (2005).

Naknadno uveden *aksiom* od strane samog Saaty-a kaže da pojedinci koji imaju razloge za svoja uvjerenja, moraju biti sigurni da su njihove ideje adekvatno prezentirane ishodom koji bi trebao ujedno i potvrditi njihova očekivanja. Iako je posljednji aksiom malo nejasan, vrlo je važan, jer općenitost AHP metode dozvoljava mogućnost njezine upotrebe na neprikladan način.

AKSIOM OČEKIVANJA kazuje da svaka promjena u strukturi hijerarhije zahtijeva ponovno računanje prioriteta u novoj hijerarhiji.

Jednostavnost i općenitost AHP metode može se poistovjetiti s Ockamovim principom koji tvrdi da je najjednostavnije rješenje najbolje. U tome se očituje ljepota ove metode, jer jednostavno slijedi način ljudskog razmišljanja i uvažava kako racionalnu dimenziju ljudskog uma, tako i onu koja se ne može kvantitativno iskazati.

3.4 DODIJELJIVANJE PRIORITETA

Jedan od osnovnih koraka u AHP metodi je dodjeljivanje težina kriterijima i podkriterijima. O tom postupku ovisi i konzistentnost same metode²⁸.

Skale prioriteta (koje su izvedene iz omjerne skale) predstavljaju temelj višekriterijskog odlučivanja. Pojedinaac bi mogao doći u napast i koristiti očitano vrijednost postojeće mjerne skale, međutim samo ordinalna skala neće biti jedinstvena. Npr. radi li se o očitavanju temperature, postojat će razlika ukoliko se radi o živinom ili alkoholnom termometru, iako se radi o intervalnoj skali. Razlika će postojati i ukoliko se očitava vrijednost na dva različita živina termometra ukoliko se radi o različitim kalibriranjima tj. kao što su Faranheit-ova i Celsius-ova skala koje se koriste različitim mjernim jedinicama. Mjerenje u različitim skalama ne može se kombinirati, jer nisu razmjerne. U AHP-u, sva se takva mjerenja pretvaraju u uniformnu skalu prioriteta koja se temelji na prosudbenoj važnosti ili preferenci za različita očitavanja u ovisnosti o postavljenom cilju. Krajnji je cilj stvoriti skalu prioriteta za mjerenje važnosti kriterija. Nasuprot tome, svaki kriterij ima skalu prioriteta prema kojoj se mjeri važnost alternativa. Kada

²⁸ Saaty, T. L.: How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research, vol 48, 1990, p 9-26

se prioritet kriterija koristi za određivanje težine prioriteta alternative obzirom na svaki od postavljenih kriterija i kad se potom one sumiraju, kao rezultat se dobiva prioritet te alternative u odnosu na postavljeni cilj. U tom slučaju mjerenja alternativa definiraju skalu za njihovo mjerenje u odnosu na postavljeni cilj. Prioriteti su potrebni kako bi utvrdili što određene vrijednosti znače u postojećoj situaciji. Jednostavno rečeno, izračunavaju se lokalni prioriteti kriterija na temelju kojih se dobiva globalni prioritet svake alternative prema kojima se potom one i rangiraju.

Ranije spomenuti aksiom homogenosti u direktnoj je vezi s dodjeljivanjem prioriteta. Homogenost predstavlja temelj za usporedbu sličnih stvari, budući da je ljudski um sklon činiti velike greške prilikom usporedbe posve različite elemente (npr. nemoguće je usporediti zrno pijeska i jabuku obzirom na njihovu veličinu). Kada je taj disparitet velik, elementi se odvajaju u klastere (skupine) komparativnih veličina dovodeći do ideje razina i njihovog dekomponiranja. Ovaj je aksiom usko povezan i s dobro znanim Arhimedovim svojstvom koje kaže da formiranjem dva realna broja x i y sa $x < y$, postoji takav cijeli broj za koji će vrijediti da je $nx \geq y$, odnosno $n \geq y/x$.

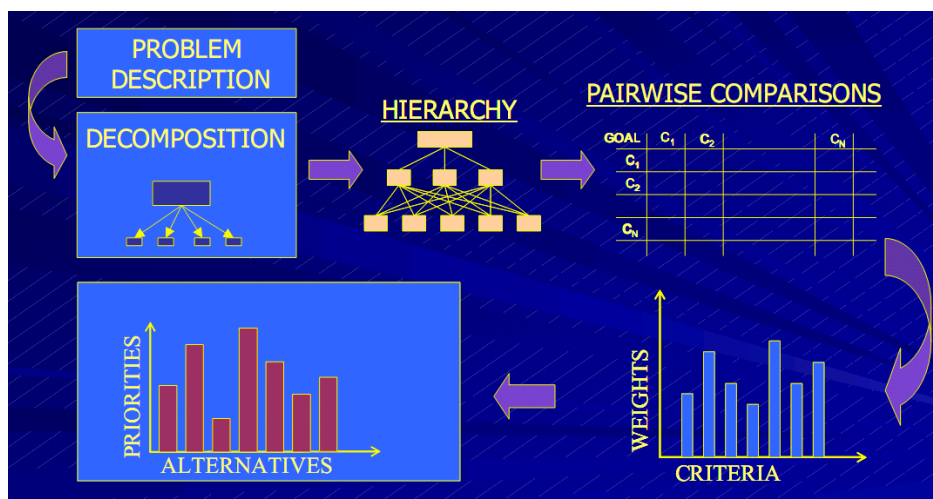
Već je ranije rečeno da nam AHP metoda omogućuje usporedbu u parovima alternativa i kriterija i da je kao takva vrlo bliska ljudskom načinu razmišljanja. AHP pretvara individualne preference u omjernu skalu težina koje se usklađuju u linearne aditivne težine pridruženih alternativa. Te resultantne težine koriste se za rangiranje alternativa. Postupak određivanja težina kriterija, odnosno računanja prioriteta alternativa može se sažeti u tri koraka:

1. korak: Dano je m ciljeva (kriterija) sa njihovim pripadnim težinama w_i , $i = 1, \dots, m$
2. korak: Za svaki cilj (kriterij) i , vrši se uspoređivanje $j = 1, 2, \dots, n$ alternativa i determiniraju se njihove težine w_{ij} obzirom na dani kriterij i
3. korak: Određuju se konačni prioriteti za svaku alternativu W_i obzirom na sve kriterije sa $W_i = w_{1j}w_1 + w_{2j}w_2 + \dots + w_{mj}w_m$

Alternative se na kraju ovog izračuna mogu poredati po obzirom na taj dobiveni globalni prioritet, pri čemu će na prvom mjestu biti alternativa s najvećom vrijednošću W_i .

Ovaj opis postupka može se slikovito prikazati kako je to prikazano na shemi 3.2

Shema 3.2 Grafički prikaz rješavanja problema AHP metodom



Izvor: http://projectapps.vtt.fi/Connect/_Rainbow/Documents/connect/2%5Eday_3%20session_Zografos.pdf

3.5 POJAM KONZISTENTNOSTI

AHP u manjoj mjeri dozvoljava nekonzistentnost, ali također poduzima mjeru u svakom skupu odluka ukoliko do konzistentnosti dođe. Ta je mjera bitan produkt procesa izvođenja prioriteta baziranog na uspoređivanju u parovima. Ljudi često puta žele biti konzistentni, zato, jer je uvriježeno mišljenje da je konzistentnost preduvjet za jasno rasuđivanje. Najčešći razlozi koji dovode do nekonzistentnosti su²⁹ :

- ❖ **ADMINISTRATIVNA POGREŠKA** - radi se o najčešćem tipu pogreške koji se dešava unošenjem podataka u računalo, najčešće se odnosi na unošenju pogrešne težinske vrijednosti. Administrativne pogreške su vrlo loše i često puta prođu nezapaženo.

²⁹ Podjela preuzeta iz : Saaty, T. L.: How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research, vol 48, 1990, p 9-26

- ❖ NEDOSTATAK INFORMACIJA – Ukoliko imamo malo ili uopće informacija o problemu koji ulazi u proces odlučivanja, tada će se odluke donositi nasumce, što će rezultirati visokom razinom nekonzistentnosti.
- ❖ NEDOSTATAK KONCENTRACIJE – dešava se u trenutku procesa odlučivanja, kada sudionici procesa postanu nezainteresirani za problematiku, jer su umorni ili ih dani problem ustvari ne interesira.
- ❖ STVARNOST USTVARI NIJE KONZISTENTNA – primjer bi bio zakon tranzitivnosti koji općenito u stvarnosti ne vrijedi. Primjer bi bio sljedeći ukoliko tim A pobijedi tim B u nekoj igri, a tim B pobijedi tim C, ne mora nužno značiti da će tim A pobijediti tim C.
- ❖ NEADEKVATNA STRUKTURA MODELA - u idealnoj hijerarhijskoj strukturi faktori su na svakom nivou usporedivi u okvirima postojeće skale. Previsoka nekonzistentnost može nastati radi nužnih ekstremnih određivanja prioriteta u parovima. Primjer bi bio sljedeći; alternativa A je u odnosu na neki kriterij 7 puta vrijednija od alternative B, a alternativa B 9 puta u odnosu na alternativu C, iz čega slijedi da je alternativa A 63 puta vrednija od alternative C, što daleko premašuje gornju vrijednost Saaty-eve skale.

Nakon svih nabrojanih uzroka nekonzistentnosti bitno je naglasiti da prilikom rješavanja pojedinog problema niska razina nekonzistentnosti ne smije sama po sebi biti cilj procesa odlučivanja. Niska razina nekonzistentnosti je nužan, ali ne i dovoljan uvjet za donošenje dobre odluke.

Pretpostavimo da imamo n aktivnosti koje razmatra grupa ljudi iz iste interesne skupine i čiji je zadatak:

- a) Omogućiti odluke na temelju relativnih važnosti ranije spomenutih aktivnosti
- b) Osigurati da odluke budu kvantificirane u mjeri koja će dopustiti kvantitativnu interpretaciju odluka među svim aktivnostima

Cilj je opisati metodu za izvođenje koja će iz tih kvantificiranih odluka, skupa težina povezanih s individualnim aktivnostima redom postaviti informacije dobivene iz a) i b) u upotrebljivu formu.

Neka su A_1, A_2, \dots, A_n aktivnosti. Kvantificirane odluke za par aktivnosti (A_i, A_j) predstavljen je matricom $n \times n$

$$A = (a_{ij}), (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

Problem je dodijeliti n aktivnosti A_1, A_2, \dots, A_n , skup numeričkih težina w_1, w_2, \dots, w_n koje predstavljaju evidentirane kvantificirane odluke.

Pitanje koje se nameće je koliko je potrebno ulaznih stavki kako bi se osigurala postojanost skupa težina značajnih za kontekst ovog problema. Odgovor je da je dovoljno da postoji skup ulaznih stavki koje će povezati sve aktivnosti u smislu da za svaka dva indeksa i, j treba postojati lanac (pozitivnih) ulaznih stavki koje će povezivati indeks i s indeksom j na način da je :

$$a_{ii}, a_{i_1 i_2}, a_{i_2 i_3}, \dots, a_{i_k j}$$

pri čemu se može primijetiti da a_{ij} sam po sebi predstavlja lanac duljine 1, što daje precizniji smisao izjave b).

Jedan od najvažnijih aspekata AHP metode je što dopušta mjerenje cjelokupne konzistentnosti odluka a_{ij} . Ekstremni primjer nekonzistentne odluke je kada odredimo da je prva aktivnost važnija od druge, a istovremeno da je druga važnija od prve. Suptilniji je način u kojemu odluke donesene za tri aktivnosti ne poštuju načelo tranzitivnosti. Može se procijeniti da je drugi kamen dva puta teži od prvog i treći dvostruko teži od drugog, ali i da su prvi i treći podjednako teški. U tom slučaju vrijedi da $a_{ij} \neq a_{ik} a_{kj}$. Ovaj primjer dovodi nas do prve definicije konzistentnosti.

DEFINICIJA 3.1 Matrica $A = (a_{ij})$ je konzistentna ako vrijedi $a_{ij} = a_{ik} a_{kj}$ za $i, j, k = 1, 2, \dots, n$.

Kako bi se došlo do tumačenja i izreke prvog teorema treba razmotriti sljedeći slučaj. Odrasla osoba i dijete uspoređuju se u odnosu na svoju visinu. Ukoliko se procijeni da je odrasla osoba dva i pol puta viša, to se može prikazati obilježavanjem dječje visine na visinu odrasle osobe od jednog kraja do drugog. Naime, ukoliko postoji apsolutna mjerna skala s mjerom djeteta vrijednosti w_1 jedinica i odraslog od w_2 jedinica, tada će se usporedbom dodijeliti odrasloj osobi

relativna vrijednost w_2/w_1 , a djetetu w_1/w_2 (recipročna vrijednost). Ovi omjeri također nam daju vrijednosti usporedbi u parovima $(w_1/w_2)/1$ i $1/(w_2/w_1)$, respektivno, , u kojima visina djeteta predstavlja jedinicu u odnosu na koju se vrši usporedba. Ovaj prikaz vrijedi samo u slučaju ako w_1 i w_2 pripadaju omjernoj skali kako bi omjer w_1/w_2 bio neovisan od mjernih jedinica koje se u problemu koriste. Na ovaj se način se svi omjeri i mogu interpretirati kao apsolutne vrijednosti ili jedinice dominacije.

Ovime je omogućeno da se formira matrica W čiji reci predstavljaju omjere mjera w_i za svaku od n stavki (jedinica koje ulaze u analizu) u odnosu na sve ostale. Ta se matrica može prikazati kao

$$W = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

Lako je dokazati sljedeći teorem (vidi T.L. Saaty, 2007)

TEOREM 3.2 Pozitivna $n \times n$ matrica može se prikazati u omjernoj formi $A = (w_i/w_j)$, za $i, j = 1, \dots, n$, ako i samo ako je konzistentna.

Korolar 3.1 Ako vrijedi (1) tada je matrica A recipročna

Primjećuje se da ukoliko je W gore navedena matrica, a w vektor $w = (w_1, \dots, w_n)^T$ tada vrijedi da je $Ww = nw$.

TEOREM 3.3 Matrica omjera $A = (w_i/w_j)$ je konzistentna ako i samo ako je n glavna svojstvena vrijednost i ako je $Aw = nw$. Nadalje $w > 0$ je jedinstven u sklopu multiplikativne konstante.

Dokaz ovog teorema vrlo je dugačak, međutim i vrlo važan pa će biti izložen u okviru ovog rada.

Dokaz. Ako je A konzistentna tada n i w predstavljaju svojstvenu vrijednost i pripadni svojstveni vektor respektivno. Matrica A ima rang jedan, jer svaki stupac predstavlja prvi red pomnožen određenom konstantom. Stoga su sve njezine svojstvene vrijednosti, osim jedne, jednake nuli. Suma svojstvenih vrijednosti matrice jednak je njezinom tragu, tj. sumi dijagonalnih elemenata, pa je u ovom slučaju $\text{tr}(A)=n$, pa stoga n jednostavno predstavlja svojstvenu vrijednost od A . Alternativno, $A = Dee^T D^{-1}$, gdje je D dijagonalna matrica za koju je $d_{ii} = w_i$, a e jedinična stupčana matrica. A i ee^T su slične i imaju jednake svojstvene vrijednosti (vidi Saaty, 2007). Karakteristična jednadžba od ee^T je $\lambda^n - n\lambda^{n-1} = 0$ iz čega slijedi traženi rezultat.

Rješenje w jednadžbe $Aw = nw$, vodeći desni svojstveni vektor³⁰ od A , sastoji se od pozitivnih stavki te je evidentno jedinstven u sklopu pozitivne multiplikativne konstante te na taj način formira omjernu skalu. Kako bi se osigurala jedinstvenost, w se normira dijeljenjem sa sumom svojih stavki (ulaza).

Danom matricom usporedbe može se direktno dobiti natrag (povratiti) w kao normiranu verziju bilo kojeg stupca od A ; $A = wv$, $v = (1/w_1, 1/w_2, \dots, 1/w_n)$. Zanimljivo je primijetiti da za $A = (w_i/w_j)$, svi zaključci dobro znanog Perronovog teorema vrijede. Perronov teorem kaže da matrice pozitivnih vrijednosti imaju jednostavno pozitivnu realnu svojstvenu vrijednost koja dominira svim ostalim svojstvenim vrijednostima modula, te korespondirajući svojstveni vektor³¹ čije su vrijednosti pozitivne je jedinstven u okvirima multipliciranja konstantom.

Sada ćemo pozornost usmjeriti na desni svojstveni vektor radi prirode dominacije. Prilikom usporedbe u paru manji element služi kao jedinica za usporedbu.

Ako je A konzistentan, tada a_{ij} može biti predstavljen omjer obzirom na postojeću omjernu skalu. Također je moguće da bude predstavljen korištenjem procjene odluke o tome koliko puta više dominantni član u paru ima određeno svojstvo koje se ne može mjeriti uz pomoć određene skale, kao kad je npr. riječ o zadovoljstvu kupca. Ukoliko je mjerenje aktualnom skalom korišteno u međusobnoj usporedbi, izvedena skala relativnih veličina, ne predstavlja novu skalu već početnu koja nam je služila za mjerenje. Primijetimo da svaki konačni skup od n

³⁰ Detaljnije u: Saaty, T. L.: Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary, *European Journal of Operational Research* 145 (2003) 85-9.

³¹ Saaty, T. L.: Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary, *European Journal of Operational Research*, vol 145, 2003, p 85-91

očitanja w_1, w_2, \dots, w_n omjerne skale definira vodeći svojstveni vektor konzistentne matrice $W = (w_i / w_j)$ reda $n \times n$.

U odnosu na poredak uzrokovan u w sa W , generalno, očekujemo proizvoljnu pozitivnu matricu $A = (a_{ij})$, da ukoliko za neki i i j , $a_{ik} \geq a_{jk}$ za svaki k , tada treba vrijediti da je $w_i \geq w_j$. Međutim, ukoliko je A nekonzistentna, tj. ne zadovoljava uvjet (1) tada se postavlja pitanje koji uvjet poretka treba zadovoljavati a_{ij} i koliko općenit bi taj uvjet trebao biti. Sada stvaramo uvijete za očuvanje poretka koji predstavljaju esencijalno opažanja ponašanja konzistentnih matrica da bi se kasnije pravilo moglo generalno primijeniti i na one nekonzistentne slučajeve. Omjer $(w_i / w_j) / 1$ može se interpretirati kao dodjeljivanje i -toj aktivnosti jediničnu vrijednost skale, j -toj aktivnosti apsolutnu vrijednost w_j / w_i . U konzistentnom slučaju, relacije poretka za w_i $i = 1, \dots, n$ mogu se zaključiti za a_{ij} na sljedeći način: faktor w_1 isključi se iz retka, w_2 iz drugog i tako redom dok se ne dobije matrica identičnih redaka za koju je $w_i \geq w_j$ što predstavlja nužan i dovoljan uvjet za $A \leftrightarrow w$.

Claude Berge elaborirao je, na prijedlog T.H. Wei-ja, mjerenje dominacije ili snagu igrača u turniru uz pomoć usporedbe u parovima matricom $B = (b_{ij})$. Svaki redak od B definira položaj jednog igrača relativno u odnosu na druge. Dobiva se:

$$b_{ij} \begin{cases} 0 & \text{ako } i \text{ gubi obzirom na } j \\ 1 & \text{ako je rezultat izjednačj s } j \\ 2 & \text{ako } i \text{ dobiva obzirom na } j \end{cases}$$

Ukoliko su i i j izjednačeni tada je u principu $b_{ij} = 1$, te stoga vrijedi da je $b_{ij} + b_{ji} = 2$. Sveukupna snaga svakog igrača definirana je i -tom komponentom od $\lim_{k \rightarrow \infty} B^k e / e^T B^k e$, gdje B^k predstavlja k -tu potenciju od B . Ona se podudara s multiplikativnom konstantom i -te komponente rješenja jednadžbe $Bw = \lambda_{\max} w$ gdje λ_{\max} predstavlja vodeću svojstvenu vrijednost matrice B .

Budući da je AHP metoda poretka, od velike je važnosti izložiti i uvijete za očuvanje tog poretka.

Pet je uvjeta za očuvanje poretka, a to su redom:

1. $(A)_i \geq (A)_j$ implicira $w_i \geq w_j$

2. $(Ae)_i \geq (Ae)_j$ implicira $w_i \geq w_j$ i predstavlja slabiji uvjet od prethodnog i gdje $(A)_i$ i $(Ae)_i$ označavaju i-ti redak i sumu i-tog retka matrice A.

3. $\frac{(A^m e)_i}{e^T A^m e} \geq \frac{(A^m e)_j}{e^T A^m e}$ implicira $w_i \geq w_j$ i predstavlja generalizaciju prethodnih za potencije matrice A u normiranoj formi. Uvjet za očuvanje poretka mora uključivati sve potencije od A, koji je u ovom kontekstu dan u obliku njihove sume.

4. Za dovoljno velik cijeli broj $N > 0$ i za $p \geq N$, vrijedi da $\sum_{i=1}^p \frac{(A^m e)_i}{e^T A^m e} \geq \sum_{i=1}^p \frac{(A^m e)_j}{e^T A^m e}$ implicira $w_i \geq w_j$.

5. Uvažavajući (2) slijedi da $\lim_{p \rightarrow \infty} \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \frac{(A^m e)_i}{e^T A^m e} \geq \lim_{p \rightarrow \infty} \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \frac{(A^m e)_j}{e^T A^m e}$ implicira $w_i \geq w_j$

TEOREM 3.4 Ako je A konzistentna, tada

$$\lim_{p \rightarrow \infty} \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \frac{(A^m e)_i}{e^T A^m e} \rightarrow cw_i > 0$$

I tvrdnje pod 1-5 su istinite.

Dokaz slijedi iz jednakosti $A^m = n^{m-1}A$ gdje n predstavlja glavnu svojstvenu vrijednost oda A, pri čemu je $A = (w_i / w_j)$.

Doima se da problem konstrukcije omjernih skala iz a_{ij} ima prirodnu strukturu vodeće svojstvene vrijednosti. Naš je zadatak da se ova formulacija proširi na slučaj kada A više nije konzistentan.

Ta nekonzistentnost se pojavljuje prilikom perturbacije matrice A pri čemu je potrebno aproksimirati omjernu skalu. Ta aproksimacija će se očitovati kroz teoreme koji će slijediti u nastavku teksta.

Budući se interes koncentrira na konstrukciju odgovarajuće matrice omjera W koja obavlja funkciju „dobre“ aproksimacije dane recipročne matrice A , započet će se s pretpostavkom da je A sama po sebi perturbacija od W . Potrebna je i sljedeća vrsta pozadinskih informacija.

Za ne opetovanu svojstvenu vrijednost pozitivne matrice A , poznato je da malo narušavanje $A(\varepsilon)$ od A , dovodi do narušavanja (perturbacije) $\lambda(\varepsilon)$ koja je analitična u okolini od $\varepsilon = 0$ i mala jer je A recipročna. Sljedeći poznati teoremi daju nam dio onoga što je potrebno za ovaj problem.

TEOREM 3.5 (Egzistencija): Ukoliko je λ jednostavna svojstvena vrijednost od A , tada za mali $\varepsilon > 0$, postoji svojstvena vrijednost $\lambda(\varepsilon)$ od $A(\varepsilon)$ takva da se može razviti u geometrijski red po ε :

$$\lambda(\varepsilon) = \lambda + \varepsilon \lambda' + \varepsilon^2 \lambda'' + \dots$$

s odgovarajućim svojstvenim desnim i lijevim svojstvenim vektorom $w(\varepsilon)$ i $v(\varepsilon)$ takvima da je:

$$w(\varepsilon) = w + \varepsilon w^{(1)} + \varepsilon^2 w^{(2)} + \dots$$

$$v(\varepsilon) = v + \varepsilon v^{(1)} + \varepsilon^2 v^{(2)} + \dots$$

Neka je θ_{ij} perturbacija recipročne matrice³² A takva da je $B = (a_{ij} + \theta_{ij})$ također pozitivna, tada se može izreći i sljedeći teorem

TEOREM 3.6 Ako pozitivna recipročna matrica A ima svojstvene vrijednosti $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ gdje je

mnoštvo od λ_j m_j sa $\sum_{j=1}^n m_j = n$, zatim za dani $\varepsilon > 0$, postoji $\delta(\varepsilon) > 0$ takav da ako

$|a_{ij} + \theta_{ij} - a_{ij}| \leq \delta$ za sve i i j , matrica B ima točno m_j svojstvenih vrijednosti u opsegu

$|\mu_j - \lambda_j| < \varepsilon$, za svaki $j = 1, \dots, s$, gdje $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s$ predstavljaju svojstvene vrijednosti od B .

³² Za pojašnjenje termina recipročna matrica vidi: Simon C.P. and L.Blume, *Matematics for economists*, Norton: New York, 1994

Ako je A konzistentna matrica, tada ima jednu pozitivnu svojstvenu vrijednost $\lambda_1 = n$, a sve ostale vrijednosti su jednake nula. Za pogodan $\varepsilon > 0$, postoji $\delta(\varepsilon) > 0$ takav da za $|\theta_{ij}| \leq \varepsilon$ perturbirana matrica B ima samo jednu svojstvenu vrijednost u krugu $|\mu_1 - n| < \varepsilon$, te i ostale svojstvene vrijednosti upadaju u krug $|\mu_j - 0| < \varepsilon$ za $j = 2, \dots, n$

TEOREM 3.7 Ako je n prosta svojstvena vrijednost vektora A koja dominira preostalim svojstvenim vrijednostima iz modula, za dovoljno mali ε , $n(\varepsilon) \equiv \lambda_{\max}$ dominira preostalim svojstvenim vrijednostima od $A(\varepsilon)$ u modulu.

Kada je A nekonzistentan, nekoliko uvjeta za a_{ij} i za w_i , zajedno s uvjetom jedinstvenosti, moraju biti zadovoljeni kako bi se A mogla aproksimirati omjerima. Uvjeti koji će se koristiti podijeljeni su u dvije kategorije. Prva kategorije bavi se poretkom induciranim s a_{ij} kao apsolutnim vrijednostima oblika $(w_i/w_j)/1$ ili $1/(w_j/w_i)$ sa standardne skale, na komponente skale w . Druga kategorija se bavi jednakošću ili bliskom jednakošću od a_{ij} obzirom na omjere w_i/w_j formirane iz izvedene skale w .

Kada je A nekonzistentan prvo pitanje koje se postavlja je kako konstruirati W tako da se sačuva uvjet poretka (v). Kasnije će se osvrnuti i na drugo pitanje, a to je koje uvijete mora zadovoljavati A kako bi w_i/w_j predstavljali „dobru“ aproksimaciju od a_{ij} .

Promotrimo ocjene omjera dane od strane eksperta koji je učinio male perturbacije ε_{ij} u $W = (w_i/w_j)$. Usporedbe omjera dozvoljavaju nam zapis $a_{ij} = (w_i/w_j)\varepsilon_{ij}$, $\varepsilon_{ij} > 0$, $i, j = 1, \dots, n$. U tom slučaju, A poprima oblik $A = W \circ E = DED^{-1}$, gdje je $W = (w_i/w_j)$, $E = (\varepsilon_{ij})$, D je dijagonalna matrica u kojoj w predstavlja dijagonalni vektor, operator \circ predstavlja Hadamardov produkt dvije matrice. Glavna svojstvena vrijednost od A podudara se s onom E . Glavni svojstveni vektor predstavlja međusobni produkt glavnih svojstvenih vektora $w = (w_1, \dots, w_n)^T$ i $e = (1, \dots, 1)^T$ od W i E , respektivno..

Razlika koja postoji između proizvoljne pozitivne matrice i recipročne matrice je ta da se korak po korak može kontrolirati modifikacija recipročne matrice, tako da u prikazu $A = W \circ E = DED^{-1}$, vrijednosti $\varepsilon_{ij} > 0$, $i, j = 1, \dots, n$, budu male. Svrha je osigurati da perturbacija glavne svojstvene vrijednosti i svojstvenog vektora W dovede do glavne svojstvene vrijednosti i vektora od A .

Ova je perturbacija potrebna zato jer se pretpostavlja da postoji osnovna omjerna skala koju se pokušava aproksimirati. Poboljšavanjem konzistentnosti matrice, dobiva se aproksimacija te skale uz pomoć glavnog svojstvenog vektora dobivene matrice.

TEOREM 3.8 w je vodeći svojstveni vektor pozitivne matrice A ako i samo ako je $Ee = \lambda_{\max} e$.

Dokaz ovog teorema je vrlo jednostavan, naime može se primijetiti da je e vodeći svojstveni vektor od E , dok je E ujedno i perturbacija matrice $e^T e$. Kada je $Ee \neq \lambda_{\max} e$ vodeći svojstveni vektor od A je neki drugi vektor koji ćemo označiti s $w' \neq w$ i $A = W'oE'$ gdje je $E'e = \lambda_{\max} e$

Pretpostavimo nadalje da je A proizvoljna pozitivna matrica tj. mala perturbacija E od $W = (w_i / w_j)$. Tada imamo

TEOREM 3.9 (teorem očuvanja poretka): Pozitivna matrica A zadovoljava uvjet 5. ako i samo ako je izvedena mjera w glavni svojstveni vektor od A tj, $Aw = \lambda_{\max} w$.

Postoje dva dokaza ovog teorema. Jedan se temelji na Perronovom teoremu, a drugi na perturbaciji. U radu će biti izložen samo drugi dokaz budući da je za teorijsku podlogu i sve dosad rečeno u ovoj disertaciji on zanimljiviji.

Dokaz. Prvo pretpostavljamo da A ima samo jednostavne svojstvene vrijednosti. Korištenjem Sylvesterove formule dobivamo

$$f(A) = \sum_{i=1}^n f(\lambda_i) \frac{\prod_{j \neq i} (A - \lambda_j I)}{\prod_{j \neq i} (\lambda_j - \lambda_i)}, \quad \lambda_{\max} = \lambda_1$$

pri čemu je poznato da je $f(A) = A^k$, dijeljenjem sa λ_{\max}^k i množenjem s $A - \lambda_{\max} I$ s lijeve strane kako bi se dobio karakteristični polinom od A te potom množenjem desne strane s e konačno se dobiva :

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{A^k e}{\lambda_{\max}^k} = cw, \text{ za neku konstantu } c > 0$$

Sylvesterova formula za višestruke svojstvene vrijednosti of množitelja m_i pokazuje da se moraju razmatrati derivati od $f(\lambda)$ stupnja ne većeg od m_i . Lako je izvršiti verifikaciju izmjenom derivacije i granica (limesa), budući da dijeljenjem svakog izraza s λ_{\max}^k njegova vrijednost teži nuli kako k teži beskonačnosti, pa isti rezultat slijedi.

Iz tog je razloga neophodno dobiti glavni svojstveni vektor w kako bi ustalili red svojstava od A, ali nedovoljno da se osigura da je $W = (w_i / w_j)$ dobra aproksimacija od A. Metoda koja se koristi za izvođenje skale w za pozitivnu nekonzistentnu matricu mora također zadovoljavati sljedeće uvijete na temelju kojih ustrojava dobru numeričku aproksimaciju za a_{ij} putem omjera. Prva dva su lokalni uvjeti za svaki a_{ij} , dok su sljedeća dva globalni uvjeti za sve a_{ij} preko glavne svojstvene vrijednosti i svojstvenog vektora kao funkcija od a_{ij} .

Ta četiri uvjeta potrebna za dobre aproksimacije su redom³³:

1. *Reciprocitet* Uvjet recipročnosti je lokalna relacija između parova elemenata: $a_{ji} = 1/a_{ij}$, potreban da osigura, kao perturbacije omjera, a_{ji} i a_{ij} aproksimaciju omjerima iz omjerne skale kako bi međusobno bili recipročni.

2. *Homogenost* - Uniformno ograničavanje odozgo i odozdo. Homogenost predstavlja lokalni uvjet za svaki a_{ij} . Kako bi se osigurala konzistentnost prilikom usporedbe u paru, elementi moraju biti istog reda veličine, što znači da bi prilikom njihovog uspoređivanja naša percepcija trebala biti istog reda veličine. Stoga se zahtijeva da a_{ij} bude uniformno ograničen odozgo pozitivnom konstantom K i, zbog uvjeta recipročnosti, automatski uniformno ograničen odozdo nulom:

$$1/K \leq a_{ij} \leq K, \quad K > 0, \quad i, j = 1, \dots, n$$

Činjenica je da su ljudi u nemogućnosti direktno usporediti vrlo nesuglasne objekte kao što su na npr jabuka i lubenica obzirom na težinu. Ako nisu komparabilni, trebalo bi ih agregirati u homogene clusterne kako bi se ta komparacija izvela.

3. *Bliska konzistencija* je globalni uvjet, formiran u terminu (strukturnih parametara) λ_{\max} i n od A i W . Manje je blizak i više zamršen uvjet nego je to potrebno pa će biti potrebno i duže objašnjenje uz njega. Zahtjev da usporedbe budu provedene na homogenim elementima osigurava da elementi matrice usporedbe ne budu preveliki i generalno da su istog reda veličine tj od 1 do 9. Poznajući ova ograničenja veličina perturbacije ε_{ij} , čija suma kako će se vidjeti niže, mjerena je u smislu najbližem uvjetu konzistencije $\lambda_{\max} - n$. Cilj je upotrijebiti taj uvjet za razvijanje algoritma kako bi se istražila promjena odluka i njihovih aproksimacija sukcesivnim smanjivanjem nekonzistentnosti odluka koje bi se potom aproksimirale omjerima izvedene skale. Najjednostavniji takav algoritam je onaj koji identificira a_{ij} za koji je $a_{ij}w_j/w_i$ maksimalan i nagovještava njegovo smanjenje u smjeru od w_i/w_j . Na kraju se odabire ili konzistentna matrica ili njezina najbliža aproksimacija u ovisnosti o tome da li dostupne informacije dozvoljavaju reviziju (ponovni pregled) u a_{ij} .

Budući je konzistentnost nužna i dovoljna za A kako bi postigla formu $A = (w_i/w_j)$, koristit će se w kako bi se istražile mogućnost promjena u a_{ij} kako bi se A približio tom željenom obliku. Formiramo konzistentnu matricu $W' = (w'_i/w'_j)$, čiji elementi

predstavljaju aproksimaciju odgovarajućim elementima od A . Dobivamo $a_{ij} = (w'_i / w'_j) \varepsilon_{ij}$, $\varepsilon > 0$. Dobivamo suprotan stav od : zadan je problem, nalaženje dobre aproksimacije za njegovo rješenje; dan je problem s točnim rješenjem, korištenjem svojstava tog rješenje kako bi se problem revidirao tj. odluke koje su dovele do a_{ij} . Ponavljati proces do zadovoljavajućeg nivoa konzistentnosti.

Elaboriramo li sve o uvjetu bliske konvergencije prvo ćemo prikazati interesantan rezultat, a taj je da nekonzistentnost ili kršenje uvjeta $A = (a_{ij}), (i, j = 1, 2, \dots, n)$ različitim a_{ij} može biti sažet u jednom broju $\lambda_{\max} - n$ koji mjeri devijaciju svih a_{ij} putem w_i / w_j . Daljnje elaboriranje i rezultati ovog uvjeta bit će dano kroz niže navedene teoreme.

4. *Uniformna neprekidnost.* Uniformna neprekidnost implicira da bi $w_i, i = 1, 2, \dots, n$, kao funkcija od a_{ij} , trebao biti relativno neosjetljiv na male promjene u a_{ij} u smislu da omjeri w_i / w_j ostanu dobrim aproksimacijama za a_{ij} . Npr stoji da je w_i kao i -ta komponenta glavnog svojstvenog vektora jer je algebarska funkcija od λ_{\max} (za čiju je vrijednost pokazano da leži u okolini od n zbog uvjeta 3)) te od a_{ij} i $1/a_{ij}$, koji su ograničeni.

Pretpostavimo da vrijedi uvjet recipročnosti $a_{ji} = 1/a_{ij}$ i ograničenosti $1/K \leq a_{ji} \leq K$ gdje K predstavlja konstantu veću od nula. Neka je $a_{ij} = \frac{(1 + \delta_{ij})w_i}{w_j}$, $\delta_{ij} > -1$ perturbacija od $W = (w_i / w_j)$ gdje je w glavni svojstveni vektor od A .

TEOREM 3.10 $\lambda_{\max} \geq n$

Dokaz. Koristeći izraze $a_{ji} = 1/a_{ij}$ i $Aw = \lambda_{\max} w$ dobiva se da je

$$\lambda_{\max} - n = \frac{1}{n} \sum_{1 \leq i \leq j \leq n} \frac{\delta_{ij}^2}{1 + \delta_{ij}} \geq 0 \quad (7)$$

TEOREM 3.11 A je konzistentna ako i samo ako je $\lambda_{\max} = n$.

Dokaz. Ako je A konzistentna, tada zbog (1), svaki redak od A je redak pomnožen konstantnom vrijednošću danog retka. To implicira da je rang od A jednak jedan i da su sve osim jedne njezine svojstvene vrijednosti $\lambda_i, i = 1, \dots, n$ jednake nula. Iz prethodno iznesenog razloga slijedi da je

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \text{trag}(A) = n. \text{ Stoga je vidljivo da je } \lambda_{\max} = n.$$

Obratno, ako pretpostavimo da vrijedi da je $\lambda_{\max} = n$, slijedi da je $\varepsilon_{ij} = 0$, i $a_{ij} = w_i / w_j$.

Iz (2) može se definirati magnituda najveće „perturbacije“ izjednačavanjem jednog člana s $\lambda_{\max} - n$ i riješiti po δ_{ij} dobivenu jednadžbu. Prosječna se perturbacija dobiva zamjenom $\lambda_{\max} - n$ s $\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ u prethodnom ishodu.

Mjera nekonzistentnosti dobivena je uzimanjem omjera od $\lambda_{\max} - n$ u njegovu prosječnu vrijednost kroz velik broj recipročnih matrica reda n, čiji su ulazni podaci nasumce odabrani u intervalu $[1/K, K]$. Ukoliko je taj omjer mali (npr. 10% ili manje, odnosno 5% za matrice 3 puta 3), tada se prihvaća procjena za w. U suprotnom se pokušava poboljšati konzistentnost i izvodi se novi w. Nakon svake iteracije, pretpostavlja se da je nova matrica perturbacija od W i njezina svojstvena vrijednost i svojstveni vektor predstavljaju perturbacije od n i w respektivno.

U svom eksperimentalnom istraživanju, davnih 50-tih godina, psiholog George Miller ustanovio je da općenito ljudi (poput igrača šaha koji gledaju nekoliko poteza unaprijed kako bi odabrali najbolji sljedeći potez) mogu se nositi s određenom informacijom uključujući samo nekoliko faktora: sedam³⁴ plus minus dva jer s više od toliko postaju konfuzni i ne mogu više baratati tom informacijom. Budući da pojedinac mora zadržati konzistentnost u matrici odlučivanja, ne može razmatrati više od nekoliko opcija istovremeno što ide u prilog činjenici da za recipročnu matricu vodeća svojstvena vrijednost ostaje stabilna za male perturbacije kada je vrijednost od n mala.

³⁴ Vidi : Blumenthal, A. L. The Process of Cognition, Prentice Hall, 1977

Vidjeli smo da su od velikog interesa isključivo razmjeri (vage) koje čuvaju poredak w . Mnogo je načina na koji se w može dobiti iz A , a najčešće su procedure koje minimiziraju pogrešku, poput metode najmanjih kvadrata:

$$\sum_{i,j=1}^n \left(a_{ij} - \frac{w_i}{w_j} \right)^2$$

Kojom se također ne dobiva jedinstveno rješenje. Samo glavni svojstveni vektor kada je u pitanju nekonzistentnost zadovoljava uvjet očuvanja poretka. Sve dosad rečeno sumirat će se u sljedećem teoremu.

TEOREM 3.12 Ako je pozitivna $n \times n$ matrica A recipročna, homogena, bliska konzistentnosti, tada razmjer w dobiven iz $Aw = \lambda_{\max} w$ čuva uređaj, jedinstven je u sklopu transformacija sličnosti i uniformne neprekidnosti u a_{ij} , $i, j = 1, \dots, n$.

Slični se rezultati dobivaju i u slučaju kada je matrica A nenegativna. Diskretna aproksimacija od A sa W također je proširena na neprekidni slučaj od A recipročnu jezgru i pripadnu svojstvenu funkciju.

Klasična tranzitivnost u uređenim skupovima podrazumijeva da $i \geq j$, $j \geq k$ implicira $i \geq k$. Obzirom na zahtjev $a_{ij} \geq 1$, za $j \geq 1$, konzistentnost implicira tranzitivnost za $i \geq j \Rightarrow a_{ij} \geq 1$, $j \geq k \Rightarrow a_{jk} \geq 1$, a zbog konzistentnosti vrijedi da je $a_{ij} a_{jk} = a_{ik} \geq 1$, i stoga $i \geq k$. Iz tog je razloga tranzitivnost neophodan uvjet za konzistentnost. AHP ne zahtjeva da odluke budu konzistentne, pa čak niti tranzitivne.

Kada je matrica A konzistentna, cijeli skup ulaza može biti konstruiran iz skupa od n odluka koje tvore lanac kroz njezine retke i stupce. Jedan takav lanac stavki koje se isprepliću da n je s $a_{i_1 i_1}, a_{i_1 i_2}, a_{i_2 i_3}, \dots, a_{i_{n-1} j}$. Netko bi se mogao upitati kakvu se vrstu interpretacije konzistentnosti može očekivati od AHP-a ako su u prirodi odluke u potpunosti nasumične. Konzistentnost matrice tako nasumičnih odluka biti će mnogo lošija od konzistentnosti matrice odluka o čijim smo odlukama informirani. Mjera se može koristiti za usporedbu i evaluaciju ocjene informiranih odluka, međutim ona nije nešto što se striktno preporuča.

Korisnik AHP metode može biti savršeno konzistentan ukoliko je voljan poštivati relaciju $a_{ij}a_{jk} = a_{jk}$ višestrukog odlučivanja, koja je dana prethodnom odlukom. Druga stvar koju treba napomenuti je da izvođenjem skale relativnog mjerenja iz fundamentalne skale putem svojstvenog vektora, omogućeno je da se njime obuhvati onaj drugi, treći i svi višeg reda tako da učinci čije stavke (ulazi) sadrže značajke za relacije među alternativama koje se znatno razlikuju od početne matrice.

Recipročno, nenegativne matrice mogu imati kompleksne svojstvene vrijednosti, a li će njihova suma uvijek biti realni broj. Spomenuto je da budući da maksimalna svojstvena vrijednost leži između najveće i najmanje sume redaka, matrica su stupci identični imaju svojstvenu vrijednost koja je jednaka sumi bilo kojeg njezinog stupca. Malo narušavanje (perturbacija) konzistentnosti matrice dopušta maksimalnoj vrijednosti λ_{\max} da se približi njenoj vrijednosti n . Preostale svojstvene vrijednosti perturbirane su u veličinu koja je bliska njihovoj vrijednosti nule. Pretpostavlja se da se sve perturbacije koje imaju važnost u ovoj teoriji mogu reducirati u opću formu $a_{ij} = (w_i/w_j)\varepsilon_{ij}$. Primjer bi bio kada

$$\frac{w_i}{w_j} + \alpha_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \left[1 + \frac{w_j}{w_i} \alpha_{ij} \right] \equiv \left[\frac{w_i}{w_j} \right] \varepsilon_{ij}$$

Konzistentnost se pojavljuje u ovom slučaju za $\varepsilon_{ij} = 1$. U nastavku će se spomenuti nekoliko elementarnih, ali esencijalnih rezultata o konzistentnosti matrica. Imamo li sustav $Aw = \lambda_{\max} w$, u

i-toj jednadžbi imamo $\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{w_j}{w_i}$.

Definira se

$$\mu = -\frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n \lambda_i$$

Pri čemu se može primijetiti da je $\sum_{i=1}^n \lambda_i = n$ jer n predstavlja sumu dijagonalnih elemenata

poznatu i kao trag matrice A . Ova činjenica slijedi iz razvoja $|\lambda I - A| = (\lambda - \lambda_1)(\lambda - \lambda_2) \dots (\lambda - \lambda_n)$ i

iz izjednačavanja koeficijenata. Nadalje, suma $\sum_{i=1}^n \lambda_i = n$ implicira da $\mu = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$; $\lambda_{\max} \equiv \lambda_1$

pa stoga budući da je

$$\lambda_{\max} - 1 = \sum_{j \neq i} a_{ij} \frac{w_j}{w_i}$$

Slijedi

$$n\lambda_{\max} - n = \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[a_{ij} \frac{w_j}{w_i} + a_{ji} \frac{w_i}{w_j} \right]$$

zbog čega je

$$\mu = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{1}{n-1} - \frac{n}{n-1} + \frac{1}{n(n-1)} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[a_{ij} \frac{w_j}{w_i} + a_{ji} \frac{w_i}{w_j} \right].$$

Supstituiranjem, $a_{ij} = (w_i / w_j) \varepsilon_{ij}$, $\varepsilon_{ij} > 0$ dolazi se do jednakosti

$$\mu = -1 + \frac{1}{n(n-1)} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[\varepsilon_{ij} + \frac{1}{\varepsilon_{ij}} \right].$$

Može se primijetiti da za $\varepsilon_{ij} \rightarrow 1$, tj. kako se približavamo konzistentnosti, tako $\mu \rightarrow 0$. Također

μ je konveksan u ε_{ij} . To proizlazi iz opažanja da je $\varepsilon_{ij} + \frac{1}{\varepsilon_{ij}}$ konveksan (i za $\varepsilon_{ij} = 1$ postiže svoj

minimum), a i iz činjenice da je suma konveksnih funkcija konveksna. Stoga, veličina od μ ovisi

o ε_{ij} i njegove blizine jedinici, odnosno o blizini ili udaljenosti od konzistentnosti. Konačno,

ukoliko pišemo $\varepsilon_{ij} = 1 + \delta_{ij}$, za $\delta_{ij} > -1$ imamo

$$\mu = -1 + \frac{1}{n(n-1)} \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left[\delta_{ij}^2 + \frac{\delta_{ij}^3}{1 + \delta_{ij}} \right]$$

Cilj je da vrijednost od μ bude blizu nule, ili λ_{\max} teži svojoj donjoj granici n u cilju postizanja

konzistentnosti. Zanimljivo je primijetiti da $\frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$ je povezan sa statističkom vrijednošću

drugog korijena srednje kvadratne pogreške. I zaista ako pretpostavimo da je $|\delta_{ij}| < 1$ (pri čemu je

$\delta_{ij}^3 / (1 + \delta_{ij})$ je mala veličina u odnosu na δ_{ij}^2). Radi se o logičnoj pretpostavci obzirom na

nepristranu procjenu, koja je ograničena „prirodno“ najvećom donjom ogradom -1 za δ_{ij}

(budući da a_{ij} mora biti veća od nule), i koja ima tendenciju da će procijeniti simetrično oko nule i u intervalu (-1, 1). Sada, $\mu \rightarrow 0$ kako $\delta_{ij} \rightarrow 0$. Množenje s 2 daje varijaciju od δ_{ij} , te 2μ predstavlja tu varijaciju.

3.5.1 IZRAČUNAVANJE KOEFICIJENTA KONZISTENTNOSTI

Konzistentnost se u AHP metodi računa se na vrlo jednostavan način koji će se kroz nekoliko koraka objasniti, međutim iza njegovog izračuna stoji cijela teorija što će se vidjeti u nastavku teksta. Prvi korak u sastoji se u tome da stupce matrice koju smo označili s A transformiramo na način da svaki element toga stupca pomnožimo s odgovarajućom komponentom vektora w. Na taj način se dobiva nova matrica koju će se označiti s A_p , gdje je

$$A_p = \begin{bmatrix} w_1 a_{11} & w_2 a_{12} & \dots & w_n a_{1n} \\ w_1 a_{21} & w_2 a_{22} & \dots & w_n a_{2n} \\ \dots & \dots & & w_n a_{3n} \\ w_1 a_{n1} & w_2 a_{n2} & \dots & w_n a_{nn} \end{bmatrix}. \text{ U drugom se koraku elementi svakog retka novodobivene}$$

matrice A_p zbroje i na taj se način formira vektor c koji je jednak $c = [c_1 \quad c_2 \quad \dots \quad c_n]$, pri čemu

je $c_i = w_1 a_{i1} + w_2 a_{i2} + \dots + w_n a_{in}$, odnosno $c_i = \sum_{k=1}^n w_k a_{ik}$. U trećem se koraku komponente vektora

c dijele s odgovarajućim komponentama vektora v pri čemu se dobije vektor

$$c^* = \begin{bmatrix} \frac{c_1}{w_1} & \frac{c_2}{w_2} & \dots & \frac{c_n}{w_n} \end{bmatrix}, \text{ čije se komponente zbroje i zbroj se podijeli s n čime se dobiva}$$

karakteristična vrijednost λ_{\max} . Odnosno $\lambda_{\max} = \frac{\frac{c_1}{w_1} + \frac{c_2}{w_2} + \dots + \frac{c_n}{w_n}}{n}$. Uz pomoć

karakteristične vrijednosti izračunat će se koeficijent konzistentnosti CI koji je jednak $CI =$

$\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$. Omjer konzistencije dobiva se na način da se koeficijent konzistentnosti podijeli sa

slučajnim indeksom RI. Odnosno $CR = \frac{CI}{RI}$, pri čemu slučajni indeks RI predstavlja indeks

konzistencije dobiven od mnoštva slučajno generiranih matrica usporedbi u paru veličine n. Tablica tog indeksa u ovisnosti o veličini n dana je niže.

Tablica 3.4 Prikaz Indeksa RI u ovisnosti o n

N	RI
1	0.00
2	0.00
3	0.52
4	0.89
5	1.11
6	1.25
7	1.35
8	1.40
9	1.45
10	1.49
11	1.51
12	1.54
13	1.56
14	1.57
15	1.58

Izvor: Saaty, T. L.: Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh, 2006.

Ovako dobiveni omjer konzistencije daje informaciju o tome koliko je procjena prednosti u parovima alternativa i kriterija bila dosljedna ili konzistentna. Ukoliko je ovaj količnik konzistencije manji od 0.10 tada se podrazumjeva da je proces analize bio dosljedno proveden, a ukoliko dobivena vrijednost premašuje postavljenu dozvoljenu granicu od 0.10 tada je analiza nedosljedna i dobiveni rezultati nisu realni niti upotrebljivi.

Jedna od pretpostavki koju bi trebalo spomenuti je i DeSchutterova pretpostavka koja daje vezu između indeksa R.I. i broja n koji predstavlja veličinu matrice. Ta se veza očituje sljedećom jednakošću:

$$R.I. = 1.98 \frac{n-2}{n} = 1.98 \left(1 - \frac{n-1}{n(n-1)/2} \right)$$

u kojoj vrijednost 1.98 predstavlja prosječnu vrijednost omjera svih vrijednosti izračunatih za $n = 3$ do $n = 15$ i podijeljenih s $(n-2)/n$ za odgovarajuću vrijednost od n , gdje $n-1$ predstavlja minimalni broj odluka potrebnih za mjerenje konzistencije, dok je $n(n-1)/2$ broj potreban za izazivanje redundancije. Alternativno, graf vrijednosti R.I. za dane vrijednosti od n pokazuje da se rezultirajuća krivulja asimptotski približava vrijednosti 1.98, tj. $\lim_{x \rightarrow \infty} R.I. = 1.98$.

3.5.2 POJAM NEKONZISTENTNOSTI

Nekonzistentnost se može shvatiti kao potreba za korekcijom koja bi omogućila poboljšanje konzistentnosti prilikom usporedbe, pri čemu korekcija ne bi trebala biti velika kao sama odluka, niti mala da se njezinom primjenom ne bi primijetila posljedica koju uzrokuje. Nekonzistentnost zato treba biti samo za red veličine manja. Na skali od nula do 1, sveukupna nekonzistentnost bi se trebala kretati oko 10%. Pojam nekonzistentnosti ne treba trivijalizirati, jer je sama po sebi vrlo bitna, budući da se bez nje ne bi moglo dozvoliti novo mišljenje koje bi promijenilo početno stanje preferencija.

Ova se tvrdnja temelji na pretpostavci da znanje treba biti konzistentno što je u kontradikciji s iskustvom koje zahtjeva kontinuiranu prilagodbu u procesu shvaćanja. Zapisom nasumičnih indeksa nekonzistentnosti za različite vrijednosti od n dijeli se 10% proporcionalno množeći sa svakom vrijednošću od R.I. Drugim riječima, ako je vrijednost od R.I. jednaka 1 za sve n , dopustit će se odstupanje od 10% u svim slučajevima. Za $n=3$ i 4, vrijednosti od R.I. su respektivno 0.52 i 0.89 (vidi tablicu), a za sve n veće od 5 su vrijednosti za R.I. veće od jedan, pa sukladno tim vrijednostima dogovorno vrijedi da je omjer konzistentnosti 5% odnosno 8% za $n=3$, tj. 4, respektivno, te 10% za sve $n \geq 5$.

Uz pojam konzistentnosti i nekonzistentnosti često se spominje uspoređivanje do sedam elemenata. Dva su objašnjenja koja se daju uz ovaj zahtjev, jedno je vezano uz konzistentnost, a drugo je neuronsko objašnjenje vezano za ljudsko poimanje putem neurona.

Objašnjenje s aspekta konzistentnosti je da se usporedbama u paru³⁵, greške dešavaju prilikom nekonzistentnosti u odlukama koje utječu na konačno rješenje. Nekonzistentnost se distribuira proporcionalno između alternativa, jer prilikom računanja svojstvenog vektora uzete su u obzir tranzitivnosti poretka i preuzet je prosjek svih tih tranzitivnosti. Ukoliko je broj elemenata malen, njihovi relativni prioriteti biti će veliki. Takvi prioriteti biti će manje pogođeni usklađivanjem nekonzistentnosti. Npr. imamo li 10 homogenih elemenata svaki će imati relativni prioritet od 0.10 i biti će van utjecaja od 1% nekonzistentnosti³⁶ distribuirane između 10 elemenata, tako da će vrijednost sada biti 0.10 ± 0.01 . Ukoliko je broj elemenata velik, relativan prioritet svakog će biti malen i pod većim utjecajem nekonzistentnosti, međutim unatoč tome broj elemenata bi trebao biti dovoljno velik kako bi se onemogućila redundantnost odluka.

Neuralno objašnjenje je u izravnoj vezi s limitom kapaciteta mozga i njegovim identificiranjem simultanih događaja. Percepcija ili simultani raspon je brojčani odnos vremena međumemorijskog zastoja i vremena pažnje. Grupa psihologa zaključila je da što je intenzivniji stimulus, veća je percepcija ili simultanost raspona. Razlog je taj da povećanjem intenziteta vrijeme ubrzane integracije se smanjuje. Prosječno procijenjeno vrijeme trajanja kratkoročne memorije je 750 milisekundi, a za integriranje podataka 100mili sekundi. Njihov je brojčani omjer je 7, što bi upravo bio broj elemenata koje se simultano može usporediti.

³⁵ Lund, J.R., Palmer, R.N.: Subjective evaluation: Linguistic scales in pairwise comparison methods. Civil Engineering Systems 3, 1986, str.182–186

³⁶ De Truck, D. M.: The Approach to Consistency in the Analytic Hierarchy Process, Mathematical Modelling 9/3-5, pp 345-352

3.6 PROVOĐENJE ANALIZE OSJETLJIVOSTI

Analiza osjetljivosti³⁷ je vrlo bitan aspekt u okvirima svakog procesa donošenja odluka. Analizom osjetljivosti se određuje da li male promjene u odlukama utječu na ukupne težine i rangiranje alternativa. Ukoliko se takve promjene događaju donosioc odluke bi trebao revidirati analizu da utvrdi što je razlog toj pojavi ili da eventualne pogreške prilikom ocjenjivanja odluka otkloni.

Alat koji se najčešće koristi u analitičkom hijerarhijskom procesu je Expert choice. U Expert Choiceu analiza osjetljivosti od cilja pokazuje kako se težine i rangiranje alternativa mijenjaju ukoliko se promijene neke ili sve težine kriterija. Spomenuti programski paket ima dostupno pet grafičkih načina za procjenu analize osjetljivosti naziva : Performance, Dynamic, Gradient, Two-Dimensional i Difference. Prva tri prikazuju kako promjena težina kriterija utječe na konačne težine alternativa, dok posljednja dva pokazuju kako alternative djeluju u odnosu na bilo koja dva kriterija.

Jedan od bitnih načina korištenja analize osjetljivosti je utvrditi koliko se zadane težine kriterijima moraju promijeniti prije nego se dogodi promjena u poretku dvije nabolje rangirane alternative. Takvu vrstu točke pokrića analize može se jednostavno izvesti uz pomoć Expert Choicea.

3.7 MOGUĆNOSTI PRIMJENE AHP METODE

Obzirom da je AHP metoda vrlo jednostavna, a postoji i veliki broj softverskih inačica iste, širok je i spektar njezine primjene. Analitički hijerarhijski proces ima mnogo uočenih prednosti u odnosu na ostale metode od kojih se izdvajaju sljedeći (vidi više u Zahedi, F. (1986), The analytic hierarchy process a survey of the method and its applications. Interfaces. 16, 1996, s. 96-108):

- jednak način tretiranja kvantitativnih i kvalitativnih vrijednosti
- jednostavna i lako čitljiva pravila

³⁷ Vidi: Sokač, D., Tunjić, A. Ugarković K.:Primjena Analitičkog Hijerarhijskog Procesu u određivanju prioriteta investicijskih ulaganjauz pomoć programskog paketa Expert Choice, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije HO-CIRED,Šibenik 2008

- mogućnost efikasnog uključivanja nesigurnosti, rizika i nejasnoća (eng. fuzziness)
- potporu grupnom odlučivanju
- visoku mogućnost automatizacije za kompjutersku implementaciju.

Nasuprot ovoj kategorizaciji primjene, sam autor metode T. L. Saaty navodi situacije u kojima se može koristiti analitički hijerarhijski proces³⁸:

1. na području osobnih odluka poput kupovine automobila, kuće, odabir zvanja, fakulteta i sl.
2. socio-psihološko područje: procjena roditeljskog utjecaja na opću psihološku dobrobit, predviđanje broja djece prosječne obitelji
3. u poslovanju poduzeća: kupnja određene opreme, određivanje najbolje poslovne strategije, kupnja na leasing, odabir managerske pozicije..
4. neprofitabilne agencije; određivanje kapaciteta luke, razvijanje istraživačkih programa, razvoj istraživačkih instituta
5. javno-politička pitanja: sukob interesa u zdravstvenoj administraciji, klizno radno vrijeme za očuvanje energije, vjerojatnost tehnoloških inovacija obzirom na oblike korporacijske kontrole, raspored sredstava za istraživanje i razvoj u bankama i sl.
6. internacionalni kontekst: ekonomska strategija za nerazvijene zemlje, vađenje minerala.
7. procjena/predviđanje: predviđanje rezultata parlamentarnih izbora, odabir muzičkih grupa.

Proučavajući mnoštvo literature pokazalo se da je analitički hijerarhijski proces zaista i korišten u vrlo različitim područjima od kojih se izdvaja područje medicine, ekonomije, informatike, poljoprivrede, sociologije, ali je isto tako potrebno naglasiti da su proteklih godina pisani i znanstveni radovi teorijske prirode tj. radovi na temu poboljšanja same metode na tehničkoj razini korištenjem fuzzy logike ili kombiniranjem iste s nekom drugom metodom, kako bi se prikazala poboljšanja u smislu odstranjivanja nedostataka AHP metode. Zaključuje se da radi lakoće korištenja gotovo i ne postoji problem rangiranja koji bi se uz pomoć ove metode mogao riješiti.

³⁸ Prema: Saaty, T. L., Vargas, L.G; The Logic of Priorities, Kluwer, Njihov Publishing, 1982, str. 275

4. ANALIZA OMEĐIVANJA PODATAKA (eng. DEA)

Data Envelopment Analysis (DEA) je relativno nov „podatkovno orijentiran“ pristup za evaluaciju učinkovitosti skupa jednakih entiteta koji se nazivaju jedinice odlučivanja (DMU /JO). Pristup analize omeđivanja podataka omogućava pretvorbu višestrukih inputa (ulaza) u višestruke outpute (izlaze). Definicija jedinice odlučivanja (u daljnjem tekstu JO) je generička i fleksibilna. Posljednjih godina je korištenje analize omeđivanja podataka vrlo često i koristi se u ocjeni različitih entiteta kao što su bolnice, sveučilišta, sudovi, te poslovni objekti. Budući da je kao metoda vrlo jednostavna i zahtjeva samo nekoliko jednostavnih pretpostavki, AOMP otvara mogućnosti svojega korištenja u slučajevima u kojima je to ostalim metodama bilo nemoguće radi složene prirode veza između inputa i outputa JO.

Kao što je istaknuto u radu Coopera, Seiford-a i Tone-a (2000), DEA se također koristi kao dopuna novim uvidima u aktivnosti (i entitete) koje su prethodno bile evaluirane nekom drugom metodom. Kao primjer mogu poslužiti studije sustavnog vrednovanja uz pomoć DEA-e kojima su identificirane brojne neefikasnosti najprofitabilnijih tvrtki, tvrtki u kojima je osnovni kriterij vrednovanja bio isključivo profit, čime se je omogućio bolji sustav vrednovanja u mnoštvu studija iz prakse. Primjena DEA-e se također sugerira u preispitivanju efikasnosti vođenja banaka prije i nakon procesa udruživanja.

Od pojavljivanja DEA metode 1978 godine, istraživači na mnogim poljima ubrzo su je prepoznali kao izvrsnu i lako primjenjivu metodu za modeliranje operativnih procesa u evaluaciji učinkovitosti. Ostale spoznaje razvijale su se usporedno s ostalima pa je tako Zhu (2002) omogućio mnoštvo modela DEA-inih proračunskih tablica koje se mogu koristiti u ocjeni izvođenja i prilikom sustavnog vrednovanja. Empirijska orijentacija analize omeđivanja podataka i odsutnost potrebe mnoštva apriori pretpostavki, koje prate ostale standardne pristupe poput statističke regresijske analize, rezultirali su njezinim korištenjem u mnoštvu studija u kojima je uključeno procjenjivanje uz pomoć granice efikasnosti, posebno u području *javne uprave* i u neprofitnom sektoru.

U svom originalnom radu 1978 godine, Charnes, Cooper i Rhodes opisuju analizu omeđivanja podataka kao „model matematičkog programiranja primjenjiv na opažajnim podacima koji omogućuje nov način stjecanja empirijske procjene relacija kao što je produktivna

funkcija i/ili efikasno produktivne vjerojatnosne podloge- koji predstavljaju potporne stupove moderne ekonomije “

Formalno, DEA je metodologija koja je usmjerena prema granici i nije poput ostalih metoda sklona centralnoj tendenciji. Umjesto da se nastoji prilagoditi regresijskoj ravnini koja prolazi kroz centar podataka kao što je to slučaj u statističkoj regresiji npr. promatra se jedna razina po dijelovima linearne funkcije vrijednosti koje se nalaze na vrhu opažanja. Obzirom na tu perspektivu, DEA se pokazuje posebno korisna u nepokrivenim vezama koje nije moguće istražiti ostalim metodologijama. Prednost DEA metode očituje se u tome što za određivanje efikasnosti jedinice odlučivanja nije potrebno eksplicitno odrediti funkcijsku ovisnost između inputa i outputa, kao što je to slučaj s linearnim i nelinearnim regresijskim modelima.

4.1 POJAM EFIKASNOSTI

Pojam efikasnosti potječe od latinske riječi *efficah* što znači uspješnost. Efikasnost se spominje još od najranijih vremena (Aristotelovi traktati o efikasnosti vojnih organizacija) da bi u današnje vrijeme razvojem menadžmenta nastupio period intenzivnih pokušaja poboljšanja efikasnosti različitih operativnih sustava i prihvatila se činjenica da je kvantitativna komponenta u ocjeni efikasnosti neizbježna.

4.1.1 DEFINICIJA I VRSTE EFIKASNOSTI

Započnimo s temeljnom mišlju Paul A. Samuelsona o pojmu efikasnosti: «Efikasnost jedan od središnjih pojmova ekonomije. Ona nastaje kada društvo ne može povećati proizvodnju jednog dobra, a da ne smanji proizvodnju drugog». Prema njegovom poimanju efikasna se privreda nalazi na granici svojih proizvodnih mogućnosti.

U svom radu³⁹, M. Martić definira efikasnost kao sposobnost da se željeni ciljevi postignu uz minimalno korištenje raspoloživih resursa te također navodi razliku između efikasnosti i efektivnosti. Efektivnost prema njemu predstavlja sposobnost organizacije da definira i realizira prave ciljeve tj. «radi prave stvari», dok se efikasnost sastoji u ostvarivanju tih ciljeva na «pravi način» te ju je kao takvu teže mjeriti, jer za razliku od efektivnosti željeni cilj nije unaprijed poznat.

Proizvodnja jedinice dobra smatra se ekonomski efikasnom kada se ta jedinica dobra proizvodi uz najmanji mogući trošak. Parkin i Bade daju korisnu informaciju o razlici između ekonomske i tehnološke efikasnosti te prema njima treba razlikovati ta dva koncepta. Tehnološka se efikasnost pojavljuje kada nije moguće povećati output bez povećanja inputa. Ekonomska efikasnost se pojavljuje kada je cijena proizvedenog outputa najmanja moguća. Ona ovisi o cijenama i faktorima proizvodnje. Veza između ove dvije vrste efikasnosti postoji pa možemo reći da ono što je tehnološki efikasno ne mora nužno biti i ekonomski efikasno, ali obrat vrijedi tj. ono što je ekonomski efikasno uvijek će biti i tehnološki efikasno. Ključ za razumijevanje ove ideje leži u izjavi da se ekonomska efikasnost pojavljuje kada je cijena proizvedenog outputa najmanja moguća. Pretpostavka koja se provlači kroz ovu misao je da sve ostalo ostaje nepromijenjeno. Promjena koja smanjuje kvalitetu proizvedenog dobra, a da se pritom trošak proizvodnje smanjuje ne povećava ekonomsku efikasnost. Koncept ekonomske efikasnosti je relevantan samo kada kvaliteta proizvedenog dobra (dobra) ostaje nepromijenjena.

Prije mnogo godina, efikasnost se procjenjivala mjerenjem prosječne produktivnosti rada (Farell 1957). Iako se radilo o veoma popularnom načinu određivanja efikasnosti, imalo je i svoju manu koja se očitovala u tome što je ignorirala sve inpute osim rada pa se pokazala nezadovoljavajućom prilikom ocjenjivanja onih procesa ili organizacijskih struktura koje su imale više inputa i outputa. Radi nezadovoljavajuće prirode ovakvog načina mjerenja efikasnosti produktivnosti rada, razvili su se pokušaji mjerenje u kojima su kombinirani svi faktori agregirani u inpute poduzeća. Jedan skup mjera razvijen kao rezultat tih nastojanja nazvan je indeksima efikasnosti. Tada su vektori inputa po prvi puta „ogoljeni“ od mjernih jedinica. Bezmjerna kvantiteta je ponderirana i naknadno dodana te se na taj način omogućilo da indeksi efikasnosti

³⁹ Vidi više u Martić M., "Analiza obavijenih podataka sa primenama", FON, Beograd, 1999.

obuhvate usporedbu ponderiranih prosjeka inputa i outputa. Taj ponderirani prosjek ekvivalentan je procjeni inputa u cijenama razmjernom težinama u indeksima. Stoga pokušaj za usporedbu efikasnosti takvim mjerenjem može biti smatrano usporedbom troškova. Odabir skupa cijena prikazuje proizvoljan element u mjerenju i problem sada leži u odabiru pogodnog skupa težina. Ukoliko sva poduzeća i koriste isti skup cijena, omjeri se ponovno svode na puku usporedbu troškova (Farell 1957).

TEHNIČKA EFIKASNOST

Kako bi se eliminirale ranije navedene mane prožete tradicionalnim mjerama, Farell (1957) uvodi novu mjeru (tehničke) efikasnosti, koja koristi koncept efikasne funkcije proizvodnje.

Ova metoda mjerenja tehničke efikasnosti poduzeća sastoji se u njihovom uspoređivanju s hipotetički savršeno efikasnim poduzećem predstavljenim funkcijom proizvodnje. Efikasna funkcija proizvodnje je donekle postulirani standard savršene efikasnosti i definirana je kao output kakav savršeno poduzeće može postići danom kombinacijom inputa.

Prvi korak u računanju tehničke efikasnosti ovim načinom je određivanje efikasne funkcije proizvodnje. Dva su načina na koja se ta funkcija može formirati. To može biti ili teorijska ili empirijska funkcija. Problem s korištenjem teorijski zadane funkcije je što je vrlo teško odrediti realnu teorijsku funkciju koja bi dobro opisala neki kompleksni problem. S druge strane empirijski dobivena efikasna funkcija proizvodnje, procijenjena je iz opažanja inputa i outputa velikog broja poduzeća. Iz tog je razloga lakše komparirati izvedbe s najboljim što se u trenutnoj situaciji može postići (empirijska funkcija proizvodnje) nego usporedba s nedostižnom idealnom situacijom koju prezentira teorijska funkcija proizvodnje.

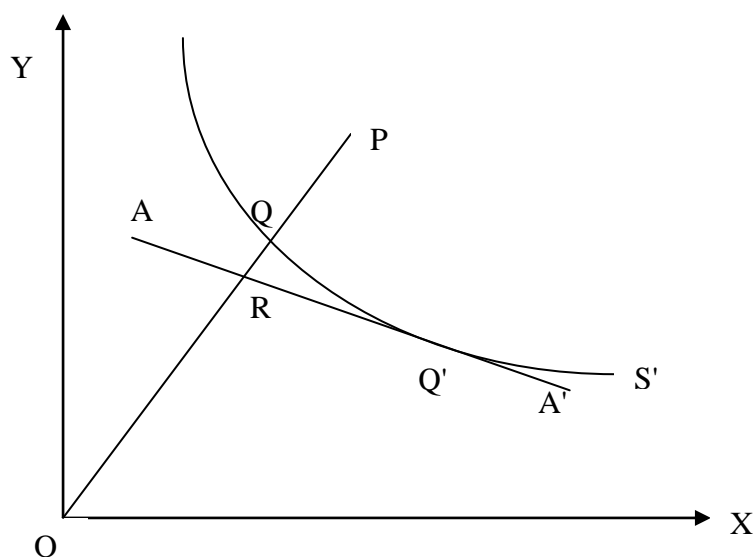
Kako bi se pojasnio koncept efikasne funkcije proizvodnje uzet će se za primjer skup poduzeća koja koriste dva faktora proizvodnje (inputs) da bi proizveli jedan produkt (output) uz uvjet konstantnih prihoda. Pod pojmom konstantnog prihoda podrazumijeva se da se povećanjem udjela inputa proporcionalno povećava i output. Izokvantni dijagram je onaj u kojem sve promatrane jedinice koje proizvode isti output leže u istoj ravnini. Svaka jedinica na izokvantnom dijagramu predstavljena je točkom tako da skup jedinica koje promatramo predstavlja raspršene

točke u koordinatnom sustavu. Efikasna funkcija produktivnosti predstavljena je krivuljom koja spaja sve jedinice u izokvantni dijagram koristeći najčešće najuspješnije (najefikasnije) inpute.

Prije nego se od postojećih jedinica formira izokvanta iz raspršenog skupa grafičkih podataka, obzirom na pretpostavku o konstantnom prinosu na obim, moraju biti zadovoljene još dvije pretpostavke ⁴⁰:

- Izokvanta je konveksna obzirom na ishodište. To znači da ukoliko su dvije točke dostižne u praksi, tada to vrijedi i za njihovu konveksnu kombinaciju.
- Nagib izokvante nije niti u jednom dijelu pozitivan što osigurava da povećanje u oba inputa neće rezultirati smanjenjem outputa.

Slika 4.1 Prikaz proizvodne funkcije (izokvante) SS'



Izvor: Izradio autor prema Kabnurkar, A.; *Mathematical modeling for data envelopment analysis with fuzzy restrictions on weights*, 2001

⁴⁰ Kabnurkar, A.; *Mathematical modeling for data envelopment analysis with fuzzy restrictions on weights*, 2001

Na slici 4.1 izokvantna krivulja SS' prikazuje proizvodnu funkciju. Točka P predstavlja neefikasnu jedinicu. Točka Q predstavlja efikasnu jedinicu koja proizvodi istu veličinu outputa kao i jedinica P, koristeći dva inputa u istoj proporciji kao i P, ali koristeći samo omjer OQ/OP više za svaki input. Za točku Q se također može reći da OP/OQ puta više outputa za isti iznos inputa. Stoga omjer OQ/OP se definira kao tehnička efikasnost jedinice P. Potrebno je također naglasiti da ova mjera efikasnosti ne uzima u obzir informaciju o cijeni faktora. Kada bi se u razmatranje uvela i informacija o cijeni, tada bi se radilo o drugačijoj mjeri efikasnosti koja se naziva cjenovna ili alokativna efikasnost. Takva vrsta efikasnosti predstavlja mjeru obujma za koju jedinica koristi faktore produktivnosti u najboljim omjerima, u pogledu njihovih cijena.

Na slici 4.1, ukoliko je nagib od AA' jednak omjeru cijena dva faktora inputa, tada Q i Q' predstavljaju optimalan način za proizvodnju. Također je potrebno naglasiti da Q i Q' predstavljaju 100%-tnu tehničku efikasnost, ali cijena proizvodnje pri Q' biti će omjer OR/OQ kao pri Q. Iz tog je razloga omjer OR/OQ nazvan cjenovna (alokativna) efikasnost jedinica P i Q.

Produkt tehničke i alokativne efikasnosti naziva se ukupna efikasnost. Na slici 4.1 tu ukupnu efikasnost jedinice P predstavlja omjer OR/OP . Očigledno je da je vrlo bitna značajka Farrellove metode navedena ranije gore, razlika između alokativne i tehničke efikasnosti. Dok alokativna efikasnost mjeri uspjeh jedinice u odabiru optimalnog skupa inputa koji minimiziraju troškove proizvodnje, tehnička efikasnost mjeri uspjeh iste jedinice u proizvodnji maksimalnog outputa za dani skup inputa.

POJAM EKONOMSKE EFIKASNOSTI

Ekonomska efikasnost koristi se prilikom navođenja mnoštva povezanih pojmova. Radi se o korištenju resursa na način da se maksimizira produktivnost dobara i usluga. Promatrani sustav možemo nazvati ekonomski efikasnim ukoliko ⁴¹:

- Niti jedan akter ne može funkcionirati bolje, a da istovremeno ne pogorša funkcioniranje drugog aktera u sustavu koji se promatra
- Ne može se osvariti više outputa ukoliko se ne poveća količina inputa

⁴¹ Baumol, W. J., Blinder, A. S., *Microeconomics: Principles and Policy*, 2007

- Dobit proizvodnje se ostvaruje uz najmanji trošak po jedinici

Ove tri definicije nisu ekvivalentne, ali su sve prožete idejom da se ne može postići više od trenutnog ukoliko su svi dostupni resursi iskorišteni.

APSOLUTNA EFIKASNOST

Apsolutnu mjeru efikasnosti moguće je odrediti kada postoji eksplicitno definirana veza između inputa i outputa. Ukoliko je opisana veza poznata, moguće je iz odnosa stvarno dostignutih i teoretski ostvarivih outputa pojedinih jedinica odrediti njihovu apsolutnu efikasnost.

RELATIVNA EFIKASNOST

Koncept relativne efikasnosti koristi se u slučaju kada nije moguće definirati teorijski moguću razinu efikasnosti pa se promatrane jedinice uspoređuju s onima, koje uz dano stanje proizvodne tehnologije, posluju najbolje.

Relativna efikasnost u analizi omeđivanja podataka suglasna je sa sljedećom definicijom , čija je prednost ta što izbjegava a priori dodjeljivanje mjera relativne važnosti inputima ili outputima.

Definicija 4.1 (Efikasnost- Proširena Pareto-Koopmanova definicija): Potpuna (100%-tna) efikasnost dostiže se od strane bilo koje jedinice odlučivanja (JO)ako i samo ako niti jedan od inputa ili outputa ne može biti poboljšán, a da se pritom ne pogorša neki drugi njezin input ili output.

U mnoštvu primjena upravljačke i socijalne prirode teoretski moguća razina efikasnosti nije poznata. Prethodna definicija se iz tog razloga zamjenjuje definicijom koja ističe korištenje samo onih informacija koje su empirijski raspoložive.

Definicija 4.2 (Relativna efikasnost): Jedinica odlučivanja (JO) određena je kao potpuno (100%) efikasna, na temelju raspoloživih dokaza, ako i samo ako učinci ostalih JO ne pokazuju da se neki od njezinih inputa ili outputa mogu poboljšati bez istovremenog pogoršanja nekih njezinih drugih inputa ili outputa.

Može se primijetiti da ova definicija izbjegava potrebu za uporištem u cijenama ili ostalim pretpostavkama o težinama za koje se smatra da utječu na relativnu važnost različitih inputa i outputa. Također je vidljivo da izbjegava potrebu za eksplicitnim određivanjem formalnih relacija za koje se pretpostavlja da postoje među inputima i outputima. Ova temeljna vrsta efikasnosti, u literaturi je referirana kao „tehnička efikasnost“, a u ekonomici može biti proširena i na ostale vrste efikasnosti ukoliko su podaci kao što su cijene, jedinice troškova i sl. dostupne za korištenje u analizi omeđivanja podataka (AOMP). Metodologija AOMP ne zahtijeva da se unaprijed odrede težine inputa i outputa već na temelju poznatih empirijskih podataka o njihovoj razini AOP za svaku jedinicu računa njezinu relativnu efikasnost u odnosu na ostale jedinice. Jedinica koja se promatra dostiže 100%-tnu efikasnost akko u usporedbi s drugim jedinicama ne pokazuje neefikasnost u korištenju bilo kojeg inputa ili outputa.

Za neku jedinicu kaže se da je efikasna ako ne može povećati nijedan od svojih outputa bez povećanja nekoga od svojih inputa ili smanjenja nekog od svojih preostalih outputa. U drugom slučaju kažemo da je jedinica efikasna ako ne može smanjiti niti jedan od svojih inputa bez povećanja nekog od svojih preostalih inputa ili smanjenja nekog od svojih outputa.

Granice efikasnosti formirat će se obzirom na najbolje JO te će se sve ostale koje će biti smatrane neefikasnim moći usporediti i po uzoru na najbolje poboljšati svoje poslovanje. Analiza omeđivanja podataka upravo je iz svih ranije navedenih razloga pogodna za ispitivanje efikasnosti elektroničkog poslovanja gradske uprave, jer ne postoji teorijski zadana funkcija koja bi mogla ocijeniti efikasnost elektroničkog poslovanja već će se ona dobiti uz pomoć empirijski prikupljenih podataka.

4.1.2 MJERENJE EFIKASNOSTI

Već je ranije rečeno da se tehnička efikasnost izražava kao omjer onoga što proizvodna jedinica proizvede i onoga što utroši. Mjera relativne tehničke efikasnosti može se dobiti usporedbom proizvodnih jedinica s uvriježenim standardom. Standard efikasnosti treba se procijeniti budući da se uvijek dobiva kao rezultat eksperimentalnih opažanja te oblik ili smještaj funkcije proizvodnje nikada ne može biti poznat unaprijed. Sposobnost specifikacije najboljeg standarda u praksi predstavlja preduvjet mjerenja tehničke efikasnosti.

Tehnike mjerenja efikasnosti mogu se podijeliti u dvije grupe, ovisno o tome na koji je način procijenjena funkcija proizvodnje. Parametarski modeli u koje spada statistička regresijska analiza i metoda stohastičkih granica koji predstavljaju tradicionalne metodologije mjerenja efikasnosti (Le Bell 1996) i tu je Analiza omeđivanja podataka kao predstavnik neparametarskih metoda. Usporedimo li analizu omeđivanja podataka (neparametarska metoda) i regresijsku analizu (parametarska metoda) možemo reći da se radi o dva potpuno različita pristupa. Ta različitost se očituje u tome što se regresijskom analizom na osnovi nezavisnih varijabli procjenjuju prosječne vrijednosti zavisnih varijabli, među kojima postoji funkcijska zavisnost, a koje predstavljaju standard na temelju kojega se računa efikasnost, dok kod analize omeđivanja podataka te potrebe za funkcionalnom ovisnošću nema, te se formira eksperimentalna granica efikasnosti na temelju podataka o JO koje ulaze u analizu. AOMP se koncentrira na individualna opažanja, jer za svaku promatranu jedinicu rješava problem linearnog programiranja, dok regresijska analiza optimizira kroz sve JO te se koristi u slučajevima kada nas interesiraju njihova opća obilježja. Nasuprot tome, AOMP koristi se kada se promatrana jedinica uspoređuje s ostalim jedinicama koje koriste iste inpute i outpute te joj ne predstavlja poteškoću obraditi problem višestrukih inputa/outputa relativno jednostavnim matematičkim postupcima te pritom omogućiti uočavanje uzroka i dosega neefikasnosti.

Osnovna prednost AOMP u odnosu na tradicionalne tehnike je ta što ne traži funkcionalnu vezu za izabrane inpute i outpute, ali istovremeno pretpostavlja da ta veza postoji. Najveći nedostatak ove metode je što je osjetljiva na ekstremna opažanja i slučajne pogreške, ali i ta da su efikasne jedinice međusobno neusporedive jer su sve efikasne (ne postoje efikasnije).

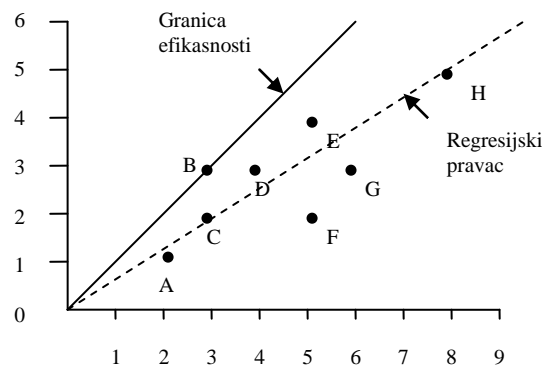
Analiza omeđivanja podataka predstavlja model analize multifaktorske produktivnosti (S.Talluri) za mjerenje relativnih efikasnosti homogenog skupa jedinica odlučivanja. Pokazatelj efikasnosti u slučaju višestrukih inputa i outputa definira se kao

$$Efikasnost = \frac{ponderirana \ suma \ outputa}{ponderirana \ suma \ inputa}$$

Analiza omeđivanja podataka koristi linearno programiranje za izračunavanje ljuske koja obavlja sve dobivene vrijednosti (točke), spajajući pritom najefikasnija opažanja. Udaljenost između ovojnice i opažanja izračunava se kako bi se omogućilo mjerenje tzv. Farellove tehničke efikasnosti.

Na slici niže prikazana je i grafički razlika između AOMP i regresijske analize.

Slika 4.2 Regresijski pravac nasuprot granice efikasnosti



Izvor: Izradio autor prema Cooper, W., Seiford, L., Tone K.: Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses, Springer, 2006.

4.2 OSNOVNI MODELI ANALIZE OMEĐIVANJA PODATAKA

Analiza omeđivanja podataka jednostavno je opisana već ranije, međutim iako se naoko radi o vrlo jednostavnoj metodi, postoji i nekoliko modela unutar nje same, koji se obzirom na svoje zahtjeve koriste u određenim situacijama. Sam početak priče o AOMP-u započinje doktorskom disertacijom Edwarda Rhodes-a u kojoj je pokušao ocijeniti obrazovni program javnih škola u Teksasu u SAD-u. Procjena relativne efikasnosti škola s višestukim inputima i outputima, a bez podataka o cijenama i troškovima, predstavljalo je, za ono vrijeme, izazov. Kao rezultat ovog istraživanja prvi je put 1978. godine objavljen rad u kojem je primijenjena analiza omeđivanja podataka.

U ovom radu bit će opisana tri modela i to CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) model koji se koristi u slučajevima konstantnih prinosa, zatim BCC (Banks-Charnes-Cooper) model koji se koristi u slučajevima varijabilnih prinosa i model s kategorijskim varijablama koji se koristi kad se jedinice odlučivanja svrstavaju u kategorija obzirom na svoje karakteristike.

4.2.1 CCR MODEL ⁴²

CCR model jedan je od bazičnih modela u AOMP nastao 1978. godine i nazvan prema početnim slovima prezimena svojih utemeljitelja Charnesa, Coopera i Rhodesa. Prema tom modelu za svaku jedinicu odlučivanja (JO) formirat će se virtualni input i output (zasada još nepoznat) i težine v_i i u_r :

$$\text{Virtualni input} = v_1x_{10} + v_2x_{20} + v_3x_{30} + \dots + v_mx_{m0}$$

$$\text{Virtualni output} = u_1y_{10} + u_2y_{20} + u_3y_{30} + \dots + u_sy_{s0}$$

⁴²Sve definicije i teoremi u nastavku teksta preuzeti su iz knjige Cooper, W., Seiford, L., Tone K.: Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses, Springer, 2006

Sada će se pokušati determinirati težine, korištenjem linearnog programiranja tako što će se maksimizirati omjer

$$\frac{\text{virtualni output}}{\text{virtualni input}}$$

Optimalne težine mogu (a u većini slučajeva i hoće) varirati od jedne do druge JO, iz čega se zaključuje da su težine u AOMP izvedene iz podataka umjesto da su fiksirane unaprijed. Svakoju jedinici se dodjeljuje najbolji skup težina s vrijednostima koje variraju od jedinice do jedinice. Kako bi se ovaj koncept proveo, u tekstu koji slijedi pojasnit će se dodatni detalji i korišteni algoritmi.

U analizi omeđivanja podataka (AOMP) organizacija koja se proučava naziva se jedinica odlučivanja (JO). Definicija JO je ispuštena kako bi se dopustila njezina fleksibilnost prilikom upotrebe u velikom rasponu aplikacija. Generički se JO definira kao entitet koji je odgovoran za konvertiranje inputa u outpute i čije se izvedbe evaluiraju. U menadžmentskim aplikacijama JO mogu uključivati banke, robne kuće i supermarkete, te se proširiti u tom smislu na bolnice, škole, javne knjižnice. U tehnici, JO može poprimiti formu zrakoplova. U svrhu osiguravanja relativne usporedbe, grupa JO korištena je za međusobnu evaluaciju kako bi se dobila određena sloboda u menadžerskom odlučivanju.

Pretpostavimo da imamo n JO: JO_1, JO_2, \dots, JO_n . Određene zajedničke stavke input-a i output-a odabiru se na sljedeći način:

1. Numerički podaci su dostupni za svaki input i output, ukoliko se pretpostavlja da se radi o pozitivnoj vrijednosti za svaku JO.
2. Stavke (input, outputa i odabira JO) moraju odražavati menadžerski (ili analitičarev) interes u komponenti koja ulazi evaluaciju relativne efikasnosti
3. U principu, manja količina inputa je poželjnija kao i veća količina outputa, pa bi rezultati efikasnosti trebali biti odraz ovog principa
4. Mjerne jedinice različitih inputa i outputa ne moraju biti podudarne.

Pretpostavimo da je odabrano m inputa i s outputa sa svojstvima 1. i 2. Neka su vrijednosti input-a i output-a za JO_j dane s $(x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, \dots, x_{mj})$ i $(y_{1j}, y_{2j}, y_{3j}, \dots, y_{sj})$ respektivno.

Matrica inputa X i matrica output-a Y uređene su na sljedeći način:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{s1} & y_{s2} & y_{s3} & \dots & y_{sn} \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

Danim podacima mjerit će se efikasnost svake JO jednom, što znači da će biti potrebno n optimiziranja, jedno za svaku JO_j . Neka je JO_j ocijenjen na temelju pokusne JO_o za o u rasponu od 1 do n za koji se rješava problem razlomljenog linearnog programiranja koji slijedi kako bi se dobile vrijednosti za težine inputa v_i ($i=1,\dots,m$) te vrijednosti težina outputa označene s u_r ($r=1,\dots,s$), a koje ujedno predstavljaju varijable traženog problema. Problem je formiran na sljedeći način:

$$(RP_o) \quad \max_{u,v} \theta = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo}} \quad (4.3)$$

$$\text{Uz ograničenje} \quad \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (4.4)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \quad (4.5)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad (4.6)$$

Ograničenja osiguravaju da omjer „virtualnog outputa“ nasuprot „omjera virtualnog inputa“ ne smiju prelaziti 1 za svaku JO. Cilj je steći vrijednost težina (v_i) i (u_r) koje maksimiziraju omjer JO_o , jedinice odlučivanja koja je bila ocjenjivana. Uz pomoć postavljenih ograničenja, optimalna vrijednost koja se može dobiti za θ^* je najviše 1. Matematički, ograničenje nenegativnosti (4.5) za uvijete razlomka o pozitivnoj vrijednosti postavljene u (4.4). Ova pretpostavka se trenutno neće tretirati u eksplicitnoj matematičkoj formi, već ćemo je unijeti u menadžersku terminologiju i pretpostaviti da svi inputi i outputi imaju vrijednost različitu od nule te će se ta pretpostavka odraziti na vrijednosti težina v_i i u_r kojima će biti dodijeljene neke pozitivne vrijednosti.

U narednom koraku će se prethodno dan problem razlomljenog programiranja (RP_o) zamijeniti problemom linearnog programiranja (LP_o).

$$(LP_o) \quad \max_{\mu, v} \theta = \mu_1 y_{1o} + \mu_2 y_{2o} + \dots + \mu_s y_{so} \quad (4.7)$$

$$\text{uz ograničenja} \quad v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo} = 1 \quad (4.8)$$

$$\mu_1 y_{1j} + \mu_2 y_{2j} + \dots + \mu_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj} \quad (4.9)$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s \geq 0 \quad (4.10)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad (4.11)$$

TEOREM 4.1 Problem razlomljenog programiranja RP_o ekvivalentan je problemu linearnog programiranja (LP_o)⁴³.

⁴³ O dokazu više u Cooper, W., Seiford, L., Tone K.: Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses, Springer, 2006

TEOREM 4.2 (Teorem o invarijantnosti jedinica) Optimalne vrijednosti maksimuma $\theta = \theta^*$ u (4.3) i (4.7) nezavisne su od mjernih jedinica inputa i outputa pod uvjetom da su te jedinice jednake za svaku JO .

Naime, želi se reći da ukoliko se određena jedinica inputa/outputa koristi za jednu JO tada se ta ista mjerna jedinica mora koristiti i za preostale JO . Ne može se u slučaju jedne npr. koristiti mjerna jedinica kilometar, a za sve ostale milja i sl.

U svakom slučaju pretpostavimo da imamo optimalno rješenje problema (LP_o) koje će biti predstavljeno s (θ^*, v^*, u^*) gdje su v^* i u^* vrijednosti s ograničenjima danim u (4.10) i (4.11). U tom se slučaju može identificirati da li se CCR-efikasnost može postići na način opisan u sljedećoj definiciji.

Definicija 4.3 (CCR-efikasnost)

1. JO_o je CCR efikasna ako je $\theta^* = 1$ i ako postoji barem jedno optimalno rješenje (v^*, u^*) za koje vrijedi $v^* > 0$ i $u^* > 0$.
2. U protivnom JO_o je CCR- neefikasna.

Otuda, CCR-neefikasnost znači da je ili (a) $\theta^* < 1$ ili (b) $\theta^* = 1$ i barem jedan element (v^*, u^*) jednak nuli za svako optimalno rješenje u LP_o . Opis CCR-efikasnosti kasnije će se obraditi u nastavku teksta

Sada će se promatrati slučaj u kojemu je $\theta^* < 1$ tj koji je CCR-neefikasan. U tom slučaju mora postojati barem jedna konstanta (ili JO) u (4.9) za koju će težina (v^*, u^*) proizvesti jednakost lijeve i desne strane dok , u protivnom se vrijednost θ^* može povećati. Neka je skup $J \in \{1, \dots, n\}$ skup takvih j za koje je

$$E'_o = \left\{ j : \sum_{r=1}^s u_r^* y_{rj} = \sum_{i=1}^m v_i^* x_{ij} \right\}. \quad (4.12)$$

Podskup E_o skupa E_o' koji se sastoji od CCR efikasnih rješenja JO naziva se referentni skup ili skupina ravnopravnih sudionika (engl. peer group). Skup dobiven spajanjem elemenata iz E_o naziva se granica efikasnosti.

- ZNAČENJE OPTIMALNIH TEŽINA

Vrijednosti (v^*, u^*) dobivene kao optimalno rješenje u (LP_o) rezultiraju kao skup optimalnih težina za JO_o . Omjerna skala ocijenjena je s

$$\theta^* = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}} \quad (4.13)$$

Iz (4.8) nazivnik je jednak 1 pa stoga imamo

$$\theta^* = \sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro} \quad (4.14)$$

Kao što je već ranije spomenuto (v^*, u^*) predstavlja skup najpoželjnijih težina za JO_o u smislu maksimizacije omjerne skale. Vrijednost v_i^* za stavku i i njezina veličina izražava koliko je visoko stavka ocijenjena, govoreći u relativnom smislu. Slično prethodnom vrijednost u_r^* ima istu interpretaciju samo za stavku r .

Nadalje, ispitamo li svaku stavku $v_i^* x_{io}$ virtualnog inputa

$$\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io} (= I) \quad (4.15)$$

može se vidjeti relativna važnost svake stavke u odnosu na vrijednost svakog $v_i^* x_{io}$. Ista situacija vrijedi za izraz $u_r^* y_{ro}$, u kojem u_r^* omogućava mjeru relativnog doprinosa od y_{ro} kroz cjelokupnu vrijednost od θ^* . Ove vrijednosti ne pokazuju samo koje stavke doprinose ocjeni JO_o , već također i u kojoj mjeri one to čine.

- SKUP PROIZVODNIH MOGUĆNOSTI

Do sada se su se koristili parovi pozitivnih vrijednosti vektora inputa i outputa (x_j, y_j) ($j=1, \dots, n$) za n JO. Sada će se pretpostavka za uvjetom o pozitivnim vrijednostima ublažiti. Pretpostavlja se da su svi podaci nenegativni, ali da je pritom barem jedna komponenta svakog vektora inputa i vektora outputa pozitivna. Obzirom na ovo svojstvo pozivamo se na svojstvo semipozitivnosti koje se u matematičkom smislu karakterizira kao $x_j \geq 0$, $x_j \neq 0$ te $y_j \geq 0$, $y_j \neq 0$, za $j = 1, \dots, n$. stoga se za svaku JO pretpostavlja da ima barem jednu pozitivnu vrijednost i u vektoru inputa i u vektoru outputa. Par tako definiranih semipozitivnih inputa $x \in \mathfrak{R}^m$ i outputa $y \in \mathfrak{R}^s$ nazvat ćemo aktivnošću i označiti notacijom (\mathbf{x}, \mathbf{y}) . Skup dopustivih aktivnosti naziva se skup proizvodnih mogućnosti i označava se s P. Postulirat će se sljedeće:

Svojstva skupa proizvodnih mogućnosti (P)

(A1) Promatrane aktivnosti (x_j, y_j) ($j = 1, \dots, n$) pripadaju skupu P.

(A2) Ukoliko neka aktivnost (x, y) pripada skupu P tada aktivnost (tx, ty) pripada skupu P za svaki pozitivan skalar t. Ovu pretpostavku ćemo nazvati pretpostavkom konstantnog prinosa.

(A3) Za određenu aktivnost (x, y) iz P, svaka semipozitivna aktivnost (\bar{x}, \bar{y}) sa $\bar{x} \geq x$ i $\bar{y} \leq y$ je uključena u P. Što znači da je svaka aktivnost s inputom ne manjim od x u bilo kojoj komponenti i s outputom ne većim od y u bilo kojoj komponenti dopustiva.

(A4) Bilo koja semipozitivna linearna kombinacija aktivnosti iz P pripada P.

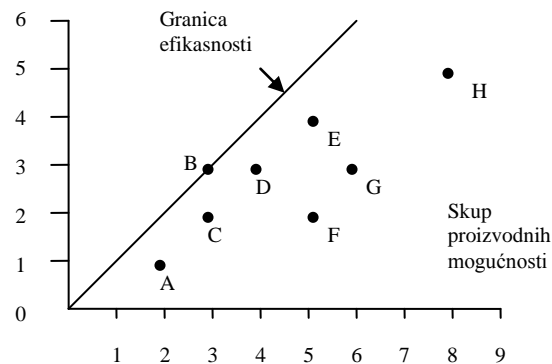
Svrstavanjem skupa podataka u matrice $X = (x_j)$ i $Y = (y_j)$, moguće je definirati skup proizvodnih mogućnosti P koji će zadovoljavati aksiome od (A1) do (A4) kao

$$P = \{(x, y) | x \geq X\lambda, y \geq Y\lambda, \lambda \geq 0\}$$

gdje je λ semipozitivan vektor u \mathbb{R}^n .

Kako slika vrijedi tisuću riječi grafički prikaz skupa proizvodnih mogućnosti može se prikazati grafom niže.

Slika 4.3 Grafički prikaz skupa proizvodnih mogućnosti



Izvor: Izradio autor prema: Cooper, W., Seiford, L., Tone K.: Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses, Springer, 2006.

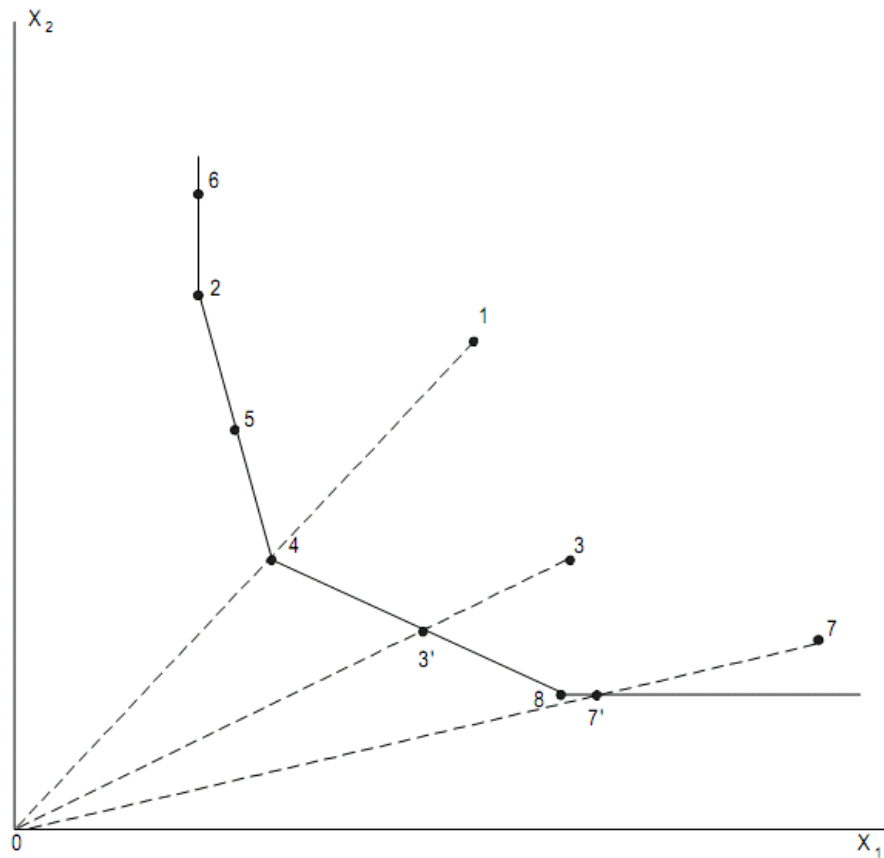
Na grafu je prikazan skup proizvodnih mogućnosti u dvije dimenzije u slučaju jednog inputa i jednog outputa, tako da je za ovaj slučaj $m=1$ i $s = 1$, respektivno. U ovom primjeru skup proizvodnih mogućnosti determiniran je s B i zrakom iz ishodišta koja prolazi točkom B i koja predstavlja granicu efikasnosti.

- KLASIFIKACIJA JEDINICA ODLUČIVANJA (JO)

Prema Charnesu i autorima (1986) , sve se JO mogu svrstati u dva osnovna skupa – Efikasni (RE) i neefikasni (N). Skup efikasnih se dalje dijeli u tri podskupa koja će se označiti s E, E' i F. Skup E je skup „ekstremno“ efikasnih JO. To su JO koje predstavljaju vrhove granice efikasnosti. Jedinice odlučivanja koje pripadaju skupu E' nisu ekstremno efikasne jer prikazati kao konveksna kombinacija ekstremno efikasnih JO. Jedinice iz skupa F imaju nagib i stoga leže na produženim vrhovima granice efikasnosti.

Skup N se dijeli u skupove NF, NE i NE'. Jedinice odlučivanja iz NF su neefikasne JO koje se projiciraju na razapetu granicu. Neefikasne jedinice iz NE' projiciraju se na skup E' , a JO iz NE projiciraju se na vrhove granice efikasnosti, odnosno, na skup E. Za bolje razumijevanje ove klasifikacije poslužit će sljedeća ilustracija u kojoj figurira osam JO. Svaka od njih koristi dva inputa za produkciju jednog outputa kako je to prikazano ilustracijom 4.4.

Slika 4.4 Grafički prikaz klasifikacije JO



Izvor: Kabnurkar, A.; Mathematical modeling for data envelopment analysis with fuzzy restrictions on weights, 2001, doktorska disertacija

Temeljeći se na ranije opisanoj klasifikaciji JO, na grafu se mogu uočiti sljedeća opažanja:

- JO 2,4 i 8 pripadaju skupu E
- JO 6 je iz skupa F
- JO 5 je iz skupa E' jer ju je moguće prikazati kao konveksnu kombinaciju JO 2 i 4.
- JO 1 leži na skupu NE, JO 3 u NE' i JO 7 u skupu NF.

4.2.1.1 CCR MODEL I DUALNI PROBLEM

Na temelju uređenog para matrica (X,Y) CCR model je definiran kao LP problem s vektorom stupcem v kao multiplikatorom inputa i vektorom retkom u kao multiplikatorom outputa . Ti multiplikatori tretirani su kao varijable u sljedećem problemu LP (tzv multiplikatorska forma)

$$(LP_o) \quad \max_{v,u} u y_o \quad (4.16)$$

$$\text{uz ograničenja} \quad v x_o = 1 \quad (4.17)$$

$$-vX + uY \leq 0 \quad (4.18)$$

$$v \geq 0, \quad u \geq 0. \quad (4.19)$$

Što predstavlja već ranije opisan problem samo u matricnoj notaciji.

Dualni problem problema (LP_o) izražen je realnom varijablom θ i varijablama nenegativnog vektora $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)^T$ na sljedeći način (tzv. forma ovojnice)

$$(DLP_o) \quad \min_{\theta, \lambda} \theta \quad (4.20)$$

$$\text{uz ograničenja} \quad \theta x_o - \lambda X \geq 0 \quad (4.21)$$

$$Y\lambda \geq y_o \quad (4.22)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (4.23)$$

Korespondencija među ograničenjima i varijablama opisanog primarnog i dualnog problema dana je u sljedećoj tablici

Ograničenje (LP_o)	Dualna varijabla (DLP_o)	Ograničenje (DLP_o)	Varijabla primal-a (LP_o)
$v x_o = 1$	θ	$\theta x_o - \lambda X \geq 0$	$v \geq 0$
$-vX + uY \leq 0$	$\lambda \geq 0$	$Y\lambda \geq y_o$	$u \geq 0.$

Tablica 4.1 Prikaz međuovisnosti između ograničenja i varijabli primala i duala

Na temelju danog može se zaključiti sljedeće:

1. (DLP_o) ima dopustivo rješenje $\theta = 1$, $\lambda_o = 1$, $\lambda_j = 0$ pri čemu je $j \neq o$
2. Optimalna vrijednost od θ , označena s θ^* , nije veća od 1
3. Zbog semipozitivnosti podataka i iz ograničenja (4.22) vrijednost od λ je različita od nule
4. Iz (4.21) vrijednost od θ je veća od 0, te uz pretpostavku iznesenu u 2. vrijedi da je $0 < \theta^* \leq 1$.

Veza između (DLP_o) i skupa proizvodnih mogućnosti P dana je u sljedećim zaključcima:

- Ograničenja postavljena u (DLP_o) nalažu da aktivnost $(\theta x_o, y_o)$, pripada skupu P, dok je cilj traženja minimalne vrijednosti od θ koja radijalno reducira vektor inputa x_o na θx_o i također ostaje u P
- U (DLP_o) traži se aktivnost iz P koja osigurava da razina outputa (JO_o) u svim komponentama bude jednaka razini y_o , dok istovremeno radijalno reducira vektor inputa x_o na najomanju moguću mjeru.

Valja napomenuti da uređen par $(X\lambda, Y\lambda)$ nadmašuje $(\theta x_o, y_o)$ u slučaju kada je $\theta^* < 1$. U skladu s tim svojstvom definira se višak inputa $s^- \in \mathfrak{R}^m$ te manjak outputa $s^+ \in \mathfrak{R}^s$ koji se identificiraju kao dopunske varijable na sljedeći način:

$$s^- = \theta x_o - X\lambda, \quad s^+ = Y\lambda - y_o \quad (4.24)$$

sa $s^- \geq 0$, $s^+ \geq 0$ za svako dopustivo rješenje (θ, λ) od (DLP_o) .

Kako bi se otkrili mogući viškovi inputa i manjkovi outputa, potrebno je riješiti dvofazni problem linearnog programiranja.

Prva Faza

Riješi se problem (DLP_o) za koji je optimalna vrijednost postavljenog cilja θ^* . Prema teoremu dualnog problema linearnog programiranja θ^* je jednaka optimalnoj ciljnoj vrijednosti (LP_o) te predstavlja CCR- efikasnost. S tom dobivenom vrijednosti θ^* (nazvanoj i Farell-ova efikasnost) ulazi se u narednu fazu.

Druga faza

Uz pomoć poznate vrijednosti θ^* , rješava se sljedeći problem (LP_o) , koristeći (λ, s^-, s^+) kao varijable

$$\max \omega = es^- + es^+ \quad (4.25)$$

$$\text{uz ograničenje} \quad s^- = \theta^* x_o - X\lambda \quad (4.26)$$

$$s^+ = Y\lambda - y_o \quad (4.27)$$

$$\lambda \geq 0, \quad s^- \geq 0, \quad s^+ \geq 0$$

gdje je $e = (1, \dots, 1)$ jedinični vektor tako da je $es^- = \sum_{i=1}^m s_i^-$ i $es^+ = \sum_{r=1}^s s_r^+$.

Cilj druge faze je naći rješenje koje će maksimizirati sumu viškova inputa i manjkova outputa uz zadržavanje $\theta = \theta^*$. Funkciju cilja (4.25) može se zamijeniti zbrojem viškova inputa i manjkova outputa oblika:

$$\omega = \omega_x s^- + \omega_y s^+ \quad (4.28)$$

gdje težine ω_x i ω_y predstavljaju pozitivne vektore-retke.

Ukoliko funkciju cilja (4.25) zamijenimo sa (4.28) promijenit će se optimalno rješenje za fazu 2 te će (4.25) identificirati neke dopunske varijable (različite od 0) neefikasnošću ako i samo ako su neke dopunske varijable (različite od 0) identificirane neefikasnošću u (4.24). S tim u vezi navode se slijedeće definicije:

Definicija 4.4

Optimalno rješenje $(\lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$ druge faze naziva se rješenjem s najvećim dopunskim varijablama. Ukoliko to rješenje zadovoljava $s^{-*} = 0$ i $s^{+*} = 0$, tada se ono naziva rješenje čije su dopunske varijable jednake nuli.

Definicija 4.5

Ako optimalno rješenje $(\theta^*, \lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$ gornjih dvaju LP zadovoljava $\theta^* = 1$ i dopunske varijable su jednake nuli, tada je JO_o CCR-efikasna. Inače je JO_o neefikasna, jer da bi se zadovoljio uvjet za potpunu efikasnost, mora vrijediti

- a) $\theta^* = 1$
- b) sve dopunske varijable su jednake nuli.

Prvi od dva uvjeta odnosi se na pojam „radijalne efikasnosti“ koja se često naziva i „tehničkom efikasnošću“ jer vrijednost $\theta^* < 1$ mogu istovremeno biti reducirane, a da se pritom proporcije u kojima su korištene ne promijene. Budući da je maksimalno dozvoljeno smanjenje u skupu proizvodnih mogućnosti jednako $1 - \theta^*$, svako dalje smanjivanje dopunskim varijablama različitim od nule promijenilo bi proporcije outputa. Neefikasnosti koje su povezane s dopunskim varijablama čija je vrijednost različita od nule iz gore navedene dvofazne procedure odnose se na

„mješovitu efikasnost“. Nazivi koji se također koriste u slučaju ovakve vrste efikasnosti su „slaba efikasnost“ kada je pažnja usmjerena na uvjet a) iz definicije 4.5. ukoliko su uvjeti a) i b) uzeti zajedno, tada se opisuje tzv. „Pareto- Koopmans“ ili jaka efikasnost koja je pretočena u sljedeću definiciju:

Definicija 4.6 (Pareto- Koopmansova efikasnost)

Za jedinicu odlučivanja kaže se da je potpuno efikasna akko nije moguće poboljšati niti jedan input ili output bez ogoršanja nekog drugog inputa ili outputa.

Implementacija ove definicije kroz dvofaznu proceduru postignuta je od strane Charnesa, Coopera i Rhodesa pa se u nekim slučajevima ona naziva i CCR-efikasnošću. CCR-efikasnost već je ranije definirana u definiciji 4.3 pa će se narednim teoremom ove dvije definicije povezati.

TEOREM 4.3. CCR-efikasnost dana definicijom 4.3 ekvivalentna je onoj danoj u definiciji 4.5

Dokaz izrečenog teorema može se naći u knjizi „Data Envelopment Analysis“ autora Cooper W., Seiford M. i Tone K., izdanja iz 2007g.

Definicija 4.7

Za neefikasnu JO_o definiramo njezin referentni skup E_o temeljen na najvećoj dopunskoj varijabli dobivenoj nakon prve i druge faze sa:

$$E_o = \{j | \lambda_j^* > 0\} \quad (j \in \{1, \dots, n\}) \tag{4.29}$$

Optimalno rješenje se može izraziti u obliku:

$$\theta^* x_o = \sum x_j \lambda_j^* + s^{-*} \tag{4.30}$$

$$y_o = \sum_{j \in E_o} y_j \lambda_j^* - s^{+*} \tag{4.31}$$

Što se može interpretirati na sljedeći način:

$$x_o \geq \theta^* x_o - s^{-*} = \sum_{j \in E_o} x_j \lambda_j^*, \quad (4.32)$$

što znači:

$x_o \geq$ tehnička - mješovita neefikasnost = pozitivna kombinacija promatranih vrijednosti inputa.

Na isti način imamo:

$$y_o \leq y_o + s^{+*} = \sum_{j \in E_o} y_j \lambda_j^* \quad (4.33)$$

Sa značenjem

$y_o \leq$ promatrani outputi + manjkovi outputa = pozitivna kombinacija promatranih vrijednosti outputa.

Opisane relacije sugeriraju da se efikasnost od (x_o, y_o) za JO_o može poboljšati ukoliko se vrijednosti inputa smanje proporcionalno sa omjerom θ^* i uklone viškovi inputa zabilježeni u s^{-*} .

Analogno tome, efikasnost može biti dostignuta ako se vrijednosti outputa povećaju sa manjkovima outputa u s^{+*} .

Sveukupno poboljšanje inputa Δx_o i outputa Δy_o se može izračunati iz:

$$\Delta x_o = x_o - (\theta^* x_o - s^{-*}) = (1 - \theta^*) x_o + s^{-*} \quad (4.34)$$

$$\Delta y_o = s^{+*} \quad (4.35)$$

Time dobivena formula porasta, poznata je pod nazivom *CCR-projekcija*:

$$\hat{x}_o = x_o - \Delta x_o = \theta^* x_o - s^{-*} \leq x_o \quad (4.36)$$

$$\hat{y}_o = y_o + \Delta y_o = y_o + s^{+*} \geq y_o \quad (4.37)$$

U nastavku teksta navest će se teoremi CCR-efikasnosti koji će pokazati da CCR-efikasnost (\hat{x}_o, \hat{y}_o) projicira JO_o na referentni skup E te da je bilo koja nenegativna kombinacija JO iz E_o efikasna.

TEOREM 4.4

Poboljšana aktivnost (\hat{x}_o, \hat{y}_o) , definirana u (4.36) i (4.37) je CCR-efikasna.

Korolar 4.1

Točka sa koordinatama \hat{x}_o, \hat{y}_o definirana u (4.36) i (4.37)

$$\hat{x}_o = \theta^* x_o - s^{-*} = \sum_{j \in E_o} x_j \lambda_j^* \quad (4.38)$$

$$\hat{y}_o = y_o + s^{+*} = \sum_{j \in E_o} y_j \lambda_j^* \quad (4.39)$$

predstavlja točku na granici efikasnosti korištenoj za ocjenu učinkovitosti JO_o .

Važno je naglasiti da poboljšanje koje se postiže primjenom formula (4.36) i (4.37) treba postići korištenjem rješenja najvećih dopunskih varijabli, jer bi se u protivnom mogla dobiti poboljšana aktivnost koja nije nužno i CCR-efikasna.

Lema 4.1

Za poboljšanu aktivnost (\hat{x}_o, \hat{y}_o) postoji optimalno rješenje (\hat{v}_o, \hat{u}_o) problema (LP_e) , koji je dualan problemu (DLP_e) , tako da je:

$$\hat{v}_o > 0 \text{ i } \hat{u}_o > 0$$

$$\hat{v}_o x_j = \hat{u}_o y_j \quad (j \in E_o) \quad (4.40)$$

$$\hat{v}_o X \geq \hat{u}_o Y \quad (4.41)$$

TEOREM 4.5

Jedinice odlučivanja iz E_o definiranom u (4.29) su CCR-efikasne.

TEOREM 4.6

Svaka semipozitivna kombinacija jedinica odlučivanja (JO) u E_o je CCR- efikasna.

4.2.1.2 OUTPUT- USMJERENI MODEL

Do sada je bilo govora o input-usmjerenom model koji je za cilj imao minimizirati inpute kako bi se ostvarila barem zadana razina outputa. Nasuprot njemu output usmjereni model pokušava maksimizirati outpute korištenjem jednake ili manje količine inputa od uočene. Output-orjentirani model formulira se na sljedeći način:

$$(DLPO_o) \quad \max_{\mu, \eta} \eta \quad (4.42)$$

uz ograničenja $x_o - X\mu \geq 0 \quad (4.43)$

$$\eta y_o - Y\mu \leq 0 \quad (4.44)$$

$$\mu \geq 0 \quad (4.45)$$

Optimalno rješenje modela $(DLPO_o)$ može se direktno dobiti iz optimalnog rješenja input-usmjerenog CCR-modela danom u (4.20-4.23) na sljedeći način:

definiramo

$$\lambda = \mu/\eta, \quad \theta = 1/\eta \quad (4.46)$$

Tada ($DLPO_o$) postaje:

$$\begin{array}{ll}
 (DLP_o) & \min_{\theta, \lambda} \theta \\
 \text{uz ograničenja} & \theta x_o - X\lambda \geq 0 \\
 & y_o - Y\lambda \leq 0 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{array}$$

što ne predstavlja ništa drugo već input-usmjereni CCR-model. Veza između optimalnog rješenja output-usmjerenog modela s optimalnim rješenjem input-usmjerenog modela dana je s:

$$\eta^* = 1/\theta^*, \mu^* = \lambda^*/\theta^* \quad (4.47)$$

Dopunska varijabla (t^-, t^+) output-usmjerenog modela definirana je kao:

$$\begin{array}{l}
 X\mu + t^- = x_o \\
 Y\mu - t^+ = \eta y_o
 \end{array}$$

Ove su vrijednosti također povezane s input-orijentiranim modelom na sljedeći način:

$$t^{-*} = s^{-*}/\theta^*, t^{+*} = s^{+*}/\theta^* \quad (4.48)$$

Kako je $\theta^* \leq 1$, i uzevši u obzir (4.46), slijedi da η^* zadovoljava

$$\eta^* \geq 1 \quad (4.49)$$

Što je veća vrijednost od η^* , to je manja efikasnost JO. Mjera smanjenja inputa predstavljena je s θ^* , dok mjeru povećanja outputa opisuje vrijednost od η^* . Iz prethodnih razmatranja može se

zaključiti da će input-usmjereni CCR model biti efikasan za bilo koju JO ako i samo ako je efikasan i kada se koristi kao output-usmjereni CCR model za procjenu njezine učinkovitosti.

Dualni problem od $(DLPO_o)$ je izražen modelom u kojem varijable predstavljaju vektori \mathbf{p} i \mathbf{q} :

$$(LPO_o) \quad \min_{p,q} px_o \quad (4.50)$$

$$\text{uz ograničenja} \quad qy_o = 1 \quad (4.51)$$

$$-pX + qY \leq 0 \quad (4.53)$$

$$\mathbf{p} \geq \mathbf{0}, \mathbf{q} \geq \mathbf{0} \quad (4.54)$$

TEOREM 4.7

Neka je optimalno rješenje od (LP_o) dano s (v^, u^*) , tada se optimalno rješenje output-usmjerenog modela (LPO_o) dobiva iz:*

$$p^* = v^* / \theta^*, \quad q^* = u^* / \theta^* \quad (4.55)$$

Navedeno ukazuje na svojstvo da se rješenje za outputu-usmjereni CCR model može dobiti iz rješenja inputu-usmjerenog CCR modela.

Poboljšanje korištenjem ovog modela se izraženo je s:

$$\hat{x}_o \Leftarrow x_o - t^{-*} \quad (4.56)$$

$$\hat{y}_o \Leftarrow \eta^* y_o + t^{+*} \quad (4.57)$$

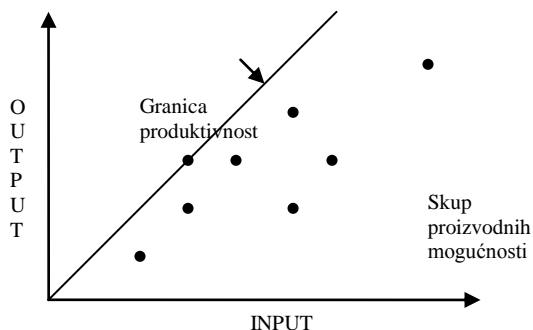
Ovo je bio posljednji od teorema značajnih za CCR-model. U narednim podpoglavljima će se pozabaviti preostalim osnovnim modelima u analizi omeđivanja podataka.

4.2.2. BCC MODEL

U prethodnom podpoglavlju razmatrane su temeljne postavke CCR modela, koji se temelji na pretpostavci konstantnih prinosa. Općenito govoreći, pretpostavka govori da skup proizvodnih mogućnosti ima sljedeća obilježja: Ako je (x,y) dopustiva (moguća) točka, tada je (tx,ty) za svaki pozitivan t također dopustiva. Ta se pretpostavka može izmijeniti kako bi se skupu proizvodnih mogućnosti omogućilo drugačije postavke jer je već na samim počecima korištenja AOMP predložilo mnoštvo različitih modela među kojima je najreprezentativniji bio BCC (Banker-Charnes-Cooper) model. BCC model ima razapetu granicu produktivnosti duž konveksne ljuske formirane od postojećih JO. Granice imaju po dijelovima linearne i konkavne karakteristike, kako je prikazano na slici, što dovodi do pojma prinosa karakteriziranih s:

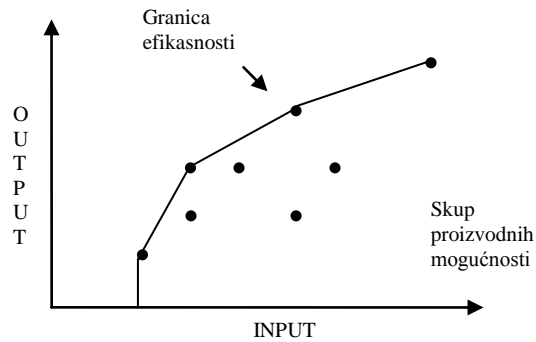
- a) rastućim prinosima na prvom segmentu krivulje
- b) opadajućim prinosima na drugom segmentu i
- c) konstantnim prinosima na mjestu prijelaza iz prvog u drugi segment.

Slika 4.5 Prikaz proizvodne granice CCR modela



Izvor: Cooper, W., Seiford, L., Tone K.: Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses, Springer, 2006.

Slika 4.6 Prikaz granice produktivnosti u BCC modelu



Izvor: Cooper, W., Seiford, L., Tone K.: Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses, Springer, 2006.

BCC i CCR model razlikuju se samo po tome što prvi model za razliku od drugog uključuje i uvjet konveksnosti $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, \forall j$ u ograničenjima.

Također je važno naglasiti da postoje dva tipa mjera, odnosno pristupa u AOMP, a to su radijalni i neradijalni. Razlika se očituje u karakterizaciji stavki inputa i outputa. BCC i CCR model pripadaju skupini radijalnog pristupa i manja im je upravo ta što zanemaruju neradijalne inpute/outpute.

Banker, Charnes i Cooper objavili su 1984. g. BCC model čiji skup produktivnih mogućnosti definiran kao:

$$P_B = \{(x, y) | x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, e\lambda = 1, \lambda \geq 0\} \quad (4.58)$$

gdje je $X = (x_j) \in R^{m \times n}$ i $Y = (y_j) \in R^{s \times n}$ skup podataka, $\lambda \in R^n$ i e je jedinični vektor-redak.

Razlika između BCC modela i CCR modela očituje se samo u dodatnom uvjetu $e\lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ koji se može zapisati i u obliku $e\lambda = I$ u kojem e predstavlja jedinični vektor-redak, a λ vektor stupac čije su sve vrijednosti nenegativne. Prethodno postavljen uvjet zajedno s $\lambda_j \geq 0$ za sve j ,

definira uvjet konveksnosti za dopustive načine na koje će se opažanja za jedinice odlučivanja moći kombinirati.

Input-orijentiran BCC model ocjenjuje efikasnost za JO_o ($o = 1, \dots, n$) rješavanjem sljedećeg linearnog programa u formi ovojnice

$$(BCC_o) \quad \min_{\theta_B, \lambda} \theta_B \quad (4.59)$$

$$\text{uz ograničenja} \quad \theta_B x_o - X\lambda \geq 0 \quad (4.60)$$

$$Y\lambda \geq y_o \quad (4.61)$$

$$e\lambda = 1 \quad (4.62)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (4.63)$$

gdje θ_B predstavlja skalar.

Dualni program u multiplikatorskoj formi pripadnog (BCC_o) linearnog izražen je kao:

$$\max_{v, u, u_o} z = uy_o - u_o \quad (4.64)$$

$$\text{Uz ograničenje} \quad vx_o = 1 \quad (4.65)$$

$$-vX + uY - u_o e \leq 0 \quad (4.66)$$

$$v \geq 0, \quad u \geq 0 \quad (4.67)$$

Gdje su u i v vektori, a skalari z i u_o mogu biti slobodnog predznaka.

Očito je da razlika između CCR i BCC očituje u slobodnoj varijabli u_o , koja predstavlja varijablu duala udruženu s ograničenjem $e\lambda = 1$ u modelu ovojnice, a koje se također ne pojavljuje u CCR modelu.

Primarni program (BCC_o) se rješava dvofaznom procedurom poput one korištene za CCR model.

U prvoj se fazi minimizira vrijednost θ_B , nakon čega se u drugoj maksimizira suma viškova inputa i manjkova outputa, zadržavajući pritom $\theta_B = \theta_B^*$ (kao dobivenu vrijednost funkcije cilja iz prve faze). Povezanost između ocjenjenih vrijednosti dobivenih CCR i BCC modelima uočava se u tome što je dopustivo područje za (BCC_o), radi dodatnog ograničenja $e\lambda = 1$, podskup

dopustivog područja CCR modela iz čega slijedi da θ_B^* nije manji od optimalne vrijednosti cilja θ^* .

Definicija 4.8 (BCC-efikasnosti)

Ako optimalno rješenje $(\theta_B^*, \lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$ dobiveno u dvofaznom procesu za (BCC_o) model zadovoljava $\theta_B^* = 1$ i nema dopunskih varijabli ($s^{-*} = 0, s^{+*} = 0$), tada se JO_o naziva BCC-efikasnom, u protivnom je BCC-neefikasna.

Definicija 4.9 (Referentnog skupa)

Za BCC-neefikasnu JO_o definira se njezin referentni skup E_o , temeljen na optimalnom rješenju λ^* kao:

$$E_o = \{j | \lambda_j^* > 0\} \quad (j \in \{1, \dots, n\}) \tag{4.70}$$

Ukoliko se dobije više optimalnih rješenja, može se izabrati bilo koje da bi se utvrdilo:

$$\theta_B^* x_o = \sum_{j \in E_o} \lambda_j^* x_j + s^{-*} \tag{4.71}$$

$$y_o = \sum_{j \in E_o} \lambda_j^* y_j - s^{+*} \tag{4.72}$$

Na temelju čega se uz pomoć BCC-projeksije dobiva formula poboljšanja:

$$\hat{x}_o \Leftarrow \theta_B^* x_o - s^{-*} \tag{4.73}$$

$$\hat{y}_o \Leftarrow y_o + s^{+*} \tag{4.74}$$

Teoremi i leme koje slijede imaju sličan način dokaza kao za CCR model pa će se u narednom dijelu teksta samo citirati.

TEOREM 4.8

Poboljšana aktivnost (\hat{x}_o, \hat{y}_o) je BCC-efikasna.

Lema 4.2

Za poboljšanu aktivnost (\hat{x}_o, \hat{y}_o) postoji optimalno rješenje $(\hat{v}_o, \hat{u}_o, \hat{u}_o)$ za dualni problem tako da je:

$$\hat{v}_o > 0 \text{ i } \hat{u}_o > 0 \quad (4.75)$$

$$\hat{v}_o x_j = \hat{u}_o y_j - \hat{u}_o \quad (j \in E_o) \quad (4.76)$$

$$\hat{v}_o X \geq \hat{u}_o Y - \hat{u}_o e \quad (4.77)$$

TEOREM 4.9

Svaka JO u E_o udružena s $\lambda_j^ > 0$, kako je definirano u (4.70) je BCC - efikasna.*

Teoremom koji slijedi izložit će se svojstvo BCC-efikasnosti za input-orijentirani model. Svojstvo koje će se navesti nije osigurano i u CCR modelu.

TEOREM 4.10

JO s minimalnom vrijednošću inputa za bilo koju stavku inputa ili maksimalnu vrijednost outputa za bilo koju stavku outputa je BCC - efikasna.

Oblik za BCC output-orijentiran model glasi:

$$(BCCO_o) \quad \max_{\eta_B, \lambda} \eta_B \quad (4.78)$$

$$\text{uz ograničenje} \quad X\lambda \leq x_o \quad (4.79)$$

$$\eta_B y_o - Y\lambda \leq 0 \quad (4.80)$$

$$e\lambda = 1 \quad (4.81)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (4.82)$$

Pripadni dualni program ima sljedeći oblik:

$$\min_{u, v, v_0} z = v x_o - v_0 \quad (4.83)$$

$$\text{uz ograničenje} \quad u y_o = 1 \quad (4.84)$$

$$vX - uY - v_0 e \geq 0 \quad (4.85)$$

$$v \geq 0, u \geq 0, \quad (4.86)$$

gdje je skalar v_0 slobodnog predznaka i povezan sa $e\lambda = 1$ iz modela ovojnice.

4.2.2.1 NEGATIVNI PODACI

Jedan od zahtijeva analize omeđivanja podataka koji je naveden na samom početku je da vrijednosti od x_{ij} i y_{rj} ne smiju biti negativne. Međutim praksa pokazuje upravo suprotno. U velikom broju slučajeva vrijednosti inputa i outputa imaju negativne vrijednosti. Međutim, taj se problem vrlo lako može riješiti translatorskim invarijantnim svojstvom koje posjeduju modeli varijabilnih prihoda⁴⁴

Pretpostavimo da su x_{ij} i y_{rj} pomaknuti za $\beta \geq 0$ i $\pi_r \geq 0$, respektivno. Sada postoji skup novih vrijednosti od x_{ij} i y_{rj}

$$\begin{cases} \hat{x}_{ij} = x_{ij} + \beta_i \\ \hat{y}_{rj} = y_{rj} + \pi_r \end{cases}$$

⁴⁴ Vidi: Gregoriou G., Zhu J: „Evaluating Hedge Fund and CTA Performance“, Wiley, 2005.

Može se primijetiti da je granica efikasnosti razapeta jedinicama čija je vrijednost od θ_o^* jednaka

1. Također, za novonastali model varijabilnih prinosa vrijedi da je $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$. Vidljivo je da granica efikasnosti u slučaju kada se x_{ij} i y_{rj} zamijene s \hat{x}_{ij} i \hat{y}_{rj} respektivno, ostaje ista, pa možemo reći da se model varijabilnih prinosa može nositi s problemom negativnih podataka.

Input-orjentirane optimalne vrijednosti modela varijabilnih prinosa invarijantni su na promjenu outputa, dok su output-orjentirane optimalne vrijednosti modela varijabilnog prinosa invarijantne na promjenu inputa. Stoga, imamo li negativne vrijednosti u podacima inputa, output orijentiran model varijabilnih prinosa je bolji odabir i obratno (imamo li negativne vrijednosti podataka outputa bolji odabir bit će input-orijentiran model varijabilnih prinosa). Ukoliko postoje negativne vrijednosti i podataka inputa i podataka outputa, može se koristiti bilo koji od navedena dva modela varijabilnih prinosa. Bez obzira na sve, još je jednom potrebno naglasiti da *kada se negativne vrijednosti podataka transformiraju u pozitivne, da granica efikasnosti u modelima varijabilnih prinosa ostaje nepromijenjena.*

U poglavlju o translatornoj invarijantnosti i aditivnom modelu autori Cooper, Seiford i Tone također spominju ranije spomenuto svojstvo i iskazuju ga kroz sljedeću definiciju⁴⁵.

Definicija 4.10 (Definicija translatorne invarijantnosti)

Za bilo koji dani problem, kaže se da je AOMP-model translatorno invarijantan ako pomicanjem (translacijom) početnih vrijednosti inputa/outputa rezultira novim problemom koji ima isto optimalno rješenje (za oblik ovojnice) kao i početni.

⁴⁵ Detaljnije u : Cooper, W., Seiford, L., Tone K.: Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses, Springer, 2006, str. 97

4.2.3 *MODELI S KATEGORIJSKIM VARIJABLAMA*

Već je prilikom spominjanja negativnih vrijednosti inputa i outputa uočeno da primjenom teorijski postavljenih modela dolazimo do neuobičajnih situacija koje odražavaju stanje prakse. Jedan od takvih slučajeva je kada se prilikom korištenja određenog modela analize omeđivanja podataka susretnemo s činjenicom da određene jedinice odlučivanja jednostavno ne posluju u jednakim uvjetima i da će možda neke biti zakinute za određeno svojstvo.

U mnoštvu analiza efikasnosti obično se pretpostavlja da su korišteni resursi i outputi jedinica odlučivanja neprekidne varijable, međutim u praksi određene varijable mogu biti kategorijske. Kategorijska varijabla je varijabla koja poprima samo konačan broj vrijednosti. Naime, postoje vrijednosti inputa/outputa određenog tipa kao što je to npr. tip edukacije potrebne za određenu vrstu posla, vrsta sudskog slučaja koji je izvršen i sl. koji su posebni i kao takvi se ne mogu predstaviti neprekidnom varijablom.

DEA model s kategorijskim varijablama po prvi je put obrađen u člank od strane Bankera i Morey-a 1986., a kasnije je unaprijeđen od strane Nakamura 1988g.

U svom radu iz 1986.g Banker i Morey krenuli su od razmišljanja da su određeni faktori prilikom određivanja relativne efikasnosti 0-1 varijable, odnosno, budući da se njihova studija odnosila na određivanje relativne efikasnosti banaka, pretpostavili su situaciju u kojoj se može desiti da određena poslovnicu može imati bankomat, a druga ne ili da određena poslovnicu može imati automat generiranja liste čekanja, a druga ne i sl. naime tražili su metodu koja bi im osigurala mješovitu vezu članova konstruiranu od JO koje bi bile iz iste kategorije ili čak moguće od onih u kategoriji za koje se smatra da rade u još težim uvjetima. Jedna od pretpostavki s kojom su krenuli je bila da banke ne posluju u jednakim uvjetima što se tiče konkurencije, pa su ih posložili u tri razreda: „slabe“, „umjerene“ i „jake“ konkurencije. Prema toj pretpostavci banka koja posluje u uvjetima jake konkurencije može se usporediti samo s onom koja radi u istim ili sličnim uvjetima. Hijerarhijsko kategoriziranje je prikladno kako bi se nosili s ovom vrstom problema. Na taj način uvažavamo specifično okruženje u kojem pojedine JO rade.

Postoje dva tipa kategorijskih varijabli. To su kontrolabilne koje su pod utjecajem donosioca odluke i ne-kontrolabilne na koje donosioc odluke nema utjecaja.

U svom članku Banker i Morey imali su za cilj modificirati postojeći model analize omeđivanja podataka koji bi za odabrane uvjete i dane razmjere ublažio zahtjev DEA modela za

primjenom situacije konstante marginalne produktivnosti. U skladu s tim razmatranjem izložit će se Banker- Moreyev model za slučaj nekontrolabilnih kategorijskih varijabli.

Razmatra se N jedinica odlučivanja indeksiranih s $j=1,2,\dots, j_o, \dots, N$ pri čemu se želi utvrditi relativno ponašanje j_o -tog donosioca odluke, dok će se r -ti tip outputa za j -tu JO označiti s

$$\{y_{rj}; r = 1, 2, \dots, R; j = 1, 2, \dots, N\},$$

a i -ti input za j -tu JO označit će se s

$$\{x_{ij}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, N\}.$$

Potrebno je također indeksirati inpute tako da je prvih m' inputa (označenih s $i=1,2,3,\dots,m'$) kontrolabilno, a preostalih $(m-m')$ inputa (označenih s $i=m'+1,\dots,m$) je ne-kontrolabilno. Banker i Morey (1984) su predložili sljedeći model linearnog programiranja za ocjenu relativne tehničke efikasnosti j_o -te JO u slučaju kada niti jedan input/output nije kategorijska varijabla:

$$\min h_o = Z_o - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^{m'} s_i^- + \sum_{r=1}^R s_r^+ \right) \quad (4.87)$$

$$\text{uz uvjete } \sum_{j=1}^N \lambda_j X_{ij} + s_i^- = Z_o X_{ij_o} \quad (i=1, 2, \dots, m'), \quad (4.88)$$

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j X_{ij} + s_i^- = X_{ij_o}, \quad (i=m'+1, m'+2, \dots, m), \quad (4.89)$$

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = Y_{rj_o}, \quad (r=1, 2, \dots, R), \quad (4.90)$$

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1, \quad (4.91)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, j_o, \dots, N), \quad (4.92)$$

$$s_i^- \geq 0; s_r^+ \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, m; r=1, 2, \dots, R),$$

gdje je $\varepsilon > 0$ po volji odabran vrlo mali broj. Dobivena formulacija problema u skladu je s aksiomatskim okvirom koji je dan u BBC-modelu. Može se također primijetiti da je optimalna razina za varijablu Z_0 koju se može označiti s Z_0^* (a dobivena je kroz prvu fazu linearnog programiranja) predstavlja tzv. Farrell-ov pokazatelj radijalne mjere neefikasnosti tako da se svaki kontrolabilan resurs može istovremeno smanjiti uz pomoć faktora Z_0^* . Maksimalni potencijal očuvanja resursa za i -ti kontrolabilan resurs određen je sljedećim izrazom:

$$\hat{X}_{ij_0} = Z_0^* X_{ij_0} - s_i^* \quad (i=1,2,\dots,m'). \quad (4.93)$$

Koncentrirajući se na formulaciju očuvanja resursa (4.87)-(4.92), razmatrat će se slučaj kada je jedan od ne-kontrolabilnih inputa, pretpostavimo upravo onaj za $i=m$, kategorijska varijabla tj. varijabla koja ima konačan broj vrijednosti koju može poprimiti. Postulat konveksnosti omogućava da sve konveksne kombinacije od N referentnih točaka mogu biti korištene kao točka za ocjenu relativne učinkovitosti j_0 -te JO. Međutim, kada se radi o kategorijskim varijablama, konveksna kombinacija

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j x_{mj}, \lambda_j \geq 0, \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$$

ne mora pripadati kategorijskoj ljestvici, niti imati smislenu interpretaciju. Nadalje, aksiom konveksnosti (vidi Banker, Morey 1986.) u kombinaciji sa aksiomom minimalne ekstrapolacije implicira po dijelovima linearnu površinu za skup proizvodnih mogućnosti zbog čega granična produktivnost u svakom takvom linearnom segmentu ima konstantnu vrijednost. Ta pretpostavka ne mora vrijediti i za kategorijsku skalu. Zato je potrebno prilagoditi postulate BCC modela brisanjem operabilnosti iz postulata konveksnosti za kategorijsku varijablu. U tom će slučaju skup proizvodnih mogućnosti biti zadan sa:

$$T = \{(X, Y), X = (X_1, X_2, \dots, X_m), Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_R)\}$$

gdje postoji skup $\{\lambda_j; j = 1, 2, \dots, N\}$ karakteriziran sa $\lambda_j \geq 0$ ($j = 1, 2, \dots, N$), suma: $\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$

takva da je $Y_r \leq \sum_{j=1}^N \lambda_j Y_{rj} (r=1, 2, \dots, R)$, $X_i \geq \sum_{j=1}^N \lambda_j X_{ij} (i=1, 2, \dots, m-1)$ i $X_m \geq X_{ml}$ za sve l za

koje je $\lambda_l > 0$ (4.94)

Za slučaj ne-kontrolabilne kategorijske varijable, linearno ograničenje (4.89) se mora zamijeniti sa ograničenjima oblika:

$$X_{ml} \leq X_{mjo} \quad \text{ako } \lambda_l > 0, \text{ tj.} \quad (4.95)$$

za sve JO l koje su korištene u mješovitoj konveksnoj kombinaciji (tj. za koje je λ_l striktno pozitivno), razina njihove kategorijske varijable mora biti iste ili niže razine nego u slučaju j_o -te JO.

Da bi (4.95) pretvorili u izraz pogodan za LP model autori su definirali k novih varijabli $d_{m,j}^{(\alpha)}$, gdje $k+1$ predstavlja broj vrijednosti koje kategorijska varijabla x_m može poprimiti. Kao primjer može poslužiti slučaj kada postoje 4 različita nivoa za sljedeće kategorijske varijable, koje se označavaju sa „nimalo“, „slabo“, „prosječno“ i „visoko“, gdje se pod izrazom „visoko“ misli na situaciju koja se najviše preferira. U nastavku autori definiraju tri opisne binarne varijable $\{d_{m,j}^{(1)}, d_{m,j}^{(2)}, d_{m,j}^{(3)}\}$ za svaku JO sa ciljem zamjene neprekidnih varijabli $x_{m,j} (j=1,2,\dots,j_o,\dots,N)$.

Ukoliko se j -ta JO nalazi u kategoriji „nimalo“ za vrijednost m -tog inputa, postaviti će se da su

$$d_{m,j}^{(1)} = d_{m,j}^{(2)} = d_{m,j}^{(3)} = 0;$$

ukoliko je j -ta JO u kategoriji „slabo“, tada se opisne varijable zadaju sa:

$$d_{m,j}^{(1)} = 1, d_{m,j}^{(2)} = d_{m,j}^{(3)} = 0 \quad (4.96)$$

Ukoliko je j -ta JO u kategoriji «prosječno», tada je:

$$d_{m,j}^{(1)} = 1 = d_{m,j}^{(2)}, d_{m,j}^{(3)} = 0 \quad (4.97)$$

Za j -tu JO iz kategorije «visoko» slijedi da je:

$$d_{m,j}^{(1)} = d_{m,j}^{(2)} = d_{m,j}^{(3)} = 1 \quad (4.98)$$

Modifikacije u LP modelu postignute su brisanjem ograničenja (4.89) $\sum_{j=1}^N \lambda_j x_{m,j} + s_m^- = x_{m,j_o}$, koji

je zamijenjen s tri nova ograničenja i to:

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j d_{m,j}^{(1)} \leq d_{m,j_o}^{(1)} \quad (4.99)$$

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j d_{m,j}^{(2)} \leq d_{m,j_0}^{(2)} \quad (4.100)$$

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j d_{m,j}^{(3)} \leq d_{m,j_0}^{(3)} \quad (4.101)$$

Pritom treba naglasiti da, ukoliko se j_o -ta JO nalazi u najnižem stanju tj. $d_{m,j_0}^{(1)} = d_{m,j_0}^{(2)} = d_{m,j_0}^{(3)} = 0$, tada za ograničenja navedena pod (4.99)-(4.101) vrijedi da

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j d_{m,j_0}^{(k)} \leq 0 \quad \text{za } k = 1, 2, 3. \quad (4.102)$$

Iz čega slijedi da se kompozitna grupa (tj. oni l za koje je $\lambda_l^* > 0$) mora sastojati samo od onih JO za koje su vrijednosti deskriptivnih varijabli također jednake 0, što znači da se referentni skup jedinica odlučivanja tada sastoji samo od onih JO koje su određene kategorijom „nimalo“. Slično tome, ukoliko se j_o -ta JO nalazi u kategoriji „malo“, tada je:

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j d_{m,j}^{(1)} \leq 1, \quad \sum_{j=1}^N \lambda_j d_{m,j}^{(2)} \leq 0, \quad \sum_{j=1}^N \lambda_j d_{m,j}^{(3)} \leq 0 \quad (4.103)$$

što implicira da λ_j^* može imati pozitivnu vrijednost samo za one jedinice odlučivanja koje su u kategorijama „nimalo“ i „malo“.

Kako bi potkrijepili svoju teoriju Banker i Morey u svom su radu izložili primjer na 69 ljekarni države Iowa. Ilustrativan primjer poslužio je kako bi usporedili rezultate dobivene korištenjem nekontrolabilnih varijabli kao neprekidnih u prvom navratu i kao kategorijskih u drugom. Uspoređeni rezultati pokazali su da kategorijski pristup uvjerljivije ograničava JO koje mogu pripadati pojedinoj istorazinskoj grupi. Kategorijski je pristup također omogućio kredibilitet istorazinskoj grupi na način da se je pokazalo da se takvom vrstom analize broj neefikasnih jedinica (ljekarni) smanjio, upravo radi pristupa koji omogućava pravedniju usporedbu unutar kategorija koja ne dovodi u stanje diskriminacije određene jedinice (naime pokazalo se da ukoliko zanemarimo faktor okoline tj. veličine tržišta određene jedinice posluju efikasno). Ukratko rečeno, ovim modelom osigurana je referentna kompozitna jedinica koja se sastoji samo od onih jedinica koje su poslužile za preciznije mjerenje sa onom jedinicom koja se ocjenjuje. Na taj način uzete su u obzir različitosti uvjeta rada pojedinih jedinica što čini pozitivni pomak prema realnijim uvjetima, a samim time i realnijim rezultatima. Kako bi problem postao

još specifičniji, autori su pretpostavili da je faktor veličine tržišta kategorijska varijabla upravljivog tipa te su ovaj problem postavili kao problem mješovitog cjelobrojnog linearnog programiranja kojim bi se ujedno osigurao da očuvanje resursa i povećanje rezultata outputa bude dobro definirano i smisleno. Kamakura je 1988 iznio nedostatke ovog modela⁴⁶ i predložio njegovo poboljšanje.

U analizi relativne efikasnosti gradskih uprava poslužit će nam analiza omeđivanja podataka kao metodologija kojom će se one odijeliti na one relativno efikasne i relativno neefikasne jedinice. Pristup koji će se koristiti prilikom analize utvrdit će se nakon utvrđivanja o kojoj se vrsti prinosa radi i da li je jedinice gradske uprave potrebno kategorizirati obzirom na veličinu grada.

4.3. RANGIRANJE EFIKASNIH JEDINICA ANALIZOM OMEĐIVANJA PODATAKA

Jedan od nedostataka analize omeđivanja podataka bila je nemogućnost kompariranja efikasnih JO. Taj su nedostatak prvi uočili Per Andersen i Niels Christian Petersen koji su 1993 godine u svom radu⁴⁷ uočili taj nedostatak i predstavili način na koji bi se i efikasne jedinice u okviru analize omeđivanja podataka mogle uspoređivati. Ova dva autora u radu napominju da je slabost ove metode u tome da je znatan broj opažanja ocijenjen kao efikasan osim u slučaju kada je suma broja inputa i outputa relativno mala u odnosu na broj opažanja. Određene jedinice mogu biti ocjenjene kao efikasne obzirom na jedan input ili output čak i u slučaju kada je taj jedan input ili output relativno nebitan.

Već je otprije poznato da DEA dodjeljuje iznos efikasnosti manji od jedan onim jedinicama koje nisu efikasne . To znači da se linearnom kombinacijom ostalih jedinca iz uzorka može proizvesti isti vektor outputa koristeći manji vektor inputa. Dobiveni rezultat pokazuje radijalnu udaljenost od procijenjene granice produktivnosti od JO uzetih u analizu tj. minimalno

⁴⁶ Šegota, A.: Usporedna analiza efikasnosti prodajnih objekata u maloprodaji, doktorska disertacija, Ekonomski fakultet Zagreb, 10. travanj 2003.

⁴⁷ Detaljnije u Per Andersen , Niels Christian Petersen: „A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis“, Management Science, Vol39, No 10,1993.

proporcionalno smanjenje u inputima koje dovodi do efikasnosti. Iz tog razloga DEA omogućava efikasno rangiranje neefikasnih jedinica.

U svom radu ova dva autora predstavljaju metodu za rangiranje efikasnih JO. Temeljna ideja od koje su krenuli je usporedba jedinica koje se ispituju uz pomoć linearne kombinacije svih ostalih jedinica iz uzorka, tj. promatrana JO sama po sebi je isključena iz razmatranja. Razumljivo je da efikasna JO može povećati svoj vektor inputa proporcionalno sve dok čuva postignutu razinu efikasnosti. U takvom slučaju promatrana jedinica stječe rezultat efikasnosti iznad jedan. Rezultat tada odražava radijalna udaljenost od JO u odnosu na procijenjenu granicu produktivnosti koja je formirana od efikasnih jedinica, isključujući JO koja se ocjenjuje tj. maksimalno proporcionalno povećanje inputa uz očuvanje efikasnosti. Ovaj pristup omogućava rangiranje efikasnih jedinica obzirom na njihovu efikasnost na sličan način kako je to omogućeno s neefikasnim jedinicama.

Ovaj način rangiranja efikasnih jedinica se u literaturi naziva ispitivanje superefikasnosti.

4.3.1 UVODNE PRETPOSTAVKE MODELA

Koopmans je 1951. definirao vektor inputa X kao efikasan u produkciji vektora outputa Y ako i samo ako redukcija u bilo kojoj komponenti vektora X nije ostvariva za produkciju vektora Y . Ova je definicija prisutna u svojstvima koja su predložili Fare i Lovell (1978) kao poželjna za indeks efikasnosti inputa $E(X, Y)$:

- *Svojstvo 1.* $E(X, Y)=1$ ako i samo ako je X efikasan u produkciji Y .
- *Svojstvo 2.* Ako je X ostvariv za produkciju Y , $E(X, Y)$ uspoređuje X do točke u efikasnom podskupu
- *Svojstvo 3.* $E(X, Y)$ je homogena stupnja -1 u vektoru inputa koji se evaluira
- *Svojstvo 4.* $E(X_1, Y) < E(X_2, Y)$ ukoliko X_1 premašuje X_2 u barem jednoj dimenziji i ne pada ispod X_2 u niti jednoj dimenziji.

Svojstva 1. i 2. ukazuju na to da razlika između efikasnih vektora inputa nije moguća. Svi efikasni vektori inputa imaju dodijeljenu vrijednost indeksa koja je jednaka 1. Ova svojstva

nisu poželjna ukoliko kada je efikasni skup razapet po dijelovima linearnom aproksimacijom temeljenoj na empirijskim podacima kao što je to slučaj u analizi omeđivanja podataka.

4.4.2. PROŠIRENI MODEL ANALIZE OMEĐIVANJA PODATAKA

Model autora Per Andersena i Niels Christian Petersena je identičan BCC modelu, osim što jedinice koje se evaluiraju nisu uključene u referentni skup.

$$\min E_j - \delta e' s^- - \delta e' s^+$$

uz ograničenja

$$E_j X_j = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^n z_k X_k + s^- \quad (4.104)$$

$$Y_j = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^n z_k Y_k + s^+, \quad Z, s^+, s^- \geq 0$$

gdje X_j predstavlja m-dimenzionalan vektor inputa, a Y_j s-dimenzionalan vektor outputa za j-tu jedinicu, E_j je skalar koji definira udio j-tog vektora inputa JO koja je potrebna da bi se proizveo j-ti vektor outputa JO u okvirima referentne tehnologije, Z je vektor intenziteta u kojem z_k predstavlja intenzitet k-te jedinice, δ je ne-Arhimedovski infinitezimalan, a e' je jedinični vektor odgovarajuće dimenzije.

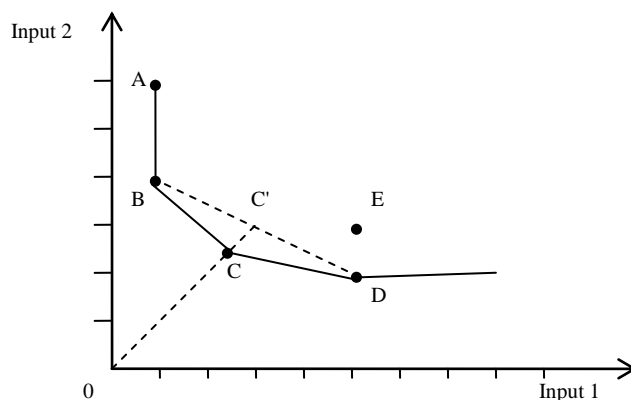
Posljedica isključivanja jedinice koja je uzeta u procjenu iz referentnog skupa je lako shvatljiva u okvirima obrađenog primjera iz tablice s pet jedinica označenih slovima od A do E, od kojih svaka proizvodi jedan output koristeći 2 inputa. Jedinična izokvanta razapeta za opažanja iz tablice niže, prikazana je na slici 4.7.

Tablica 4.2 Tablica s podacima relativno efikasnih jedinica

	A	B	C	D	E
input 1	2.0	2.0	5.0	10.0	10.0
input 2	12.0	8.0	5.0	4.0	6.0
output 1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Slika 4.7 Jedinična izokvanta razapeta uz pomoć skupa podataka tablice 4.2

Omjer OC'/OC definira mjeru efikasnosti u evaluaciji jedinice C prema modelu (4.104)



Izvor: Anderson, P.; Petersen, N.C.: A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis, Management Science, Vol. 39/10, 1993, pp.1261-1264

Za oba modela autora Andersena i Petersena te za BCC model, jedinična izokvanta outputa je razapeta s $\langle BCD \rangle$ u kojem efikasni podskup predstavljaju segmenti BC i CD. Međutim, za referentnu točku se efikasna opažanja razlikuju.

Promatrat će se najprije evaluacija jedinice A. A je očito neefikasna sa manjkom (koji iznosi 4 jedinice) za input 2 u odnosu na isti input za jedinicu B. Eliminacija neefikasnih opažanja neće utjecati na razapinjanje skupa referentnih jedinica. Kao posljedicu, ovaj model

i BCC model donosi istu referentnu točku B i indeks efikasnosti koji je jednak ukupnoj vrijednosti umanjenoj za manjak inputa 2 ponderiranog s δ u oba modela.

Razmotrimo sljedeću evaluaciju jedinice C. Prema BCC modelu referentna točka u evaluaciji od C je opažanje samo po sebi i C-u je dodijeljen indeks efikasnosti 1. Eliminacija jedinice C iz referentnog skupa implicira da je C uspoređivan do te točke u skupu mogućnosti inputa razapetog od preostalih elemenata iz skupa opažanja (A, B, D, E) s minimalnom udaljenošću od C. Referentna točka stoga postaje $C'(6.0,6.0)$ i jedinici C je asigniran indeks efikasnosti 1.2. Ovo rješenje ima istu interpretaciju kao i standardna Farrellova mjera; C može povećati svoj input vektor proporcionalno sve do faktora 1.2 i ostati efikasan, ali bit će pod dominacijom kombinacije jedinica B i D ukoliko proporcionalni rast prijeđe tu vrijednost od 1.2.

Na kraju je razmatrana neefikasna jedinica E i njezina evaluacija. Eliminacija neefikasnih opažanja neće utjecati na referentni skup te se jedinici E dodjeljuje indeks efikasnosti od 0.833 kako u novom modelu danom u (4.104), tako i u BCC modelu.

Definirani indeksi efikasnosti u modelu (4.104) dovode do sljedećeg rangiranja jedinica A – E: $B > D > C > A > E$.

4.3.3 SVOJSTVA VRIJEDNOSTI

Dobivene vrijednosti zadovoljavaju sljedeća tri svojstva kako bi mogla zadovoljavati svojstva 1. 2. i 4. navedena ranije.

Svojstvo (i). $E(X, Y) \geq 1$ ako i samo ako je X efikasan u produkciji Y-a.

Svojstvo (ii). Ako je X dopustiv, ali neefikasan pri produkciji Y-a, $E(X, Y)$ uspoređuje do točke efikasnog podskupa. Ukoliko je X dopustiv i efikasan pri produkciji Y-a, $E(X, Y)$ uspoređuje X do točke u efikasnom podskupu koji je razapet skupom vrijednosti opažanja nakon isključivanja jedinice koja se evaluira.

Svojstvo (iii). $E(X_1, Y) < E(X_2, Y)$ ukoliko X_1 premašuje X_2 u barem jednoj dimenziji i ne pada ispod X_2 u niti jednoj dimenziji.

Prvo svojstvo implicira da je razlika između efikasne i neefikasne jedinice moguća. Drugo svojstvo implicira da je opažanje uspoređivano do točke efikasnog podskupa konstruiranog od svih ostalih opažanja iz uzorka, isključujući jedinicu koja se u tom trenutku evaluira. Ova dva svojstva omogućuju rangiranje efikasnih jedinica dok je treće identično svojstvu 4 navedenom ranije.

U suštini, niti jedno poželjno svojstvo nije izgubljeno ovakvim načinom indeksiranja. Neefikasnim opažanjima dodijeljeni su isti indeksi efikasnosti kao u BCC modelu. Imajući na umu da ne-Arhimedovski može biti odabrana po volji mala veličina, indeks efikasnosti mora odražavati maksimalni mogući proporcionalni rast u vektoru inputa koji se traži da bi opažanje postalo efikasno. Efikasnim opažanjima je dodijeljena vrijednost indeksa efikasnosti 1 u BCC modelu ili vrijednost indeksa efikasnosti koja je jednaka ili veća od jedan u opisanom modelu. Vrijednosti indeksa efikasnosti jednake ili veće od jedan mogu se interpretirati kao maksimalni mogući proporcionalni rast u vektoru konzistentnom u karakterizaciji inputa onog opažanja koje je efikasno. Ustvari, pokazalo se da je rangiranje cjelokupnog skupa opažanja moguće.

Ovaj način ispitivanja superefikasnosti u svom članku *The super- efficiency procedure for outlier identification , not for ranking efficient units* R.D . Banker i H: Chang 2005. godine ocijenjuju manjkavim u odnosu na druge načine ispitivanja, ali i sami autori ispitivanja superefikasnosti u zadnjem pasusu svog poglavlja priznaju da metoda ima mana, te ističu da se ona očituje u tome da su određene specijalizirane jedinice njihovim modelom rangirane vrlo visoko radi maksimalnog proporcionalnog rasta vektora inputa kojim se čuva efikasnost u određenim instancama determinirana u podprostoru input-output prostora. Oni naglašavaju da problem proizlazi radi virtualnog multiplikatora duala dodijeljenih inputima i outputima ne uzimaju u obzir određene a priori uvijete.

4.4 PREDNOSTI I NEDOSTACI ANALIZE OMEĐIVANJA PODATAKA

Svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke. Malo je literature u kojoj se spominju nedostaci analize omeđivanja podataka, jer se radi o metodologiji koja je vrlo aplikativne prirode. Ipak, najčešći prednosti i nedostaci koji se spominju su sljedeći:

Prednosti analize omeđivanja podataka:

- Ne zahtjeva eksplicitno određivanje matematičke forme za formiranje funkcije proizvodnje
- Dokazano je korisna prilikom otkrivanja odnosa koji ostaju nepokriveni za ostale metodologije
- Sposobna je za rukovanje višestrukim inputima i outputima
- Izvori neefikasnosti mogu se analizirati i kvantificirati za svaku evaluiranu jedinicu
- Metoda daje projekcije na temelju kojih relativno neefikasne jedinice mogu poboljšati svoje poslovanje
- Ne traži specifikaciju težina već ih metoda sama izračunava

Nedostaci analize omeđivanja podataka:

- Rezultati su osjetljivi na odabir inputa i outputa
- Broj inputa i outputa je ograničen brojem JO koje ulaze u analizu
- Broj efikasnih jedinica na granici ima tendenciju rasti s količinom varijabli inputa i outputa

Navedeni nedostaci mogu se izbjeći kombiniranjem dvije ili više metoda. U ovom radu će se kombinacijom AOMP i AHP metode pokušati uvesti subjektivna komponenta donosioca odluke (koja je također nezaobilazan čimbenik u procesu odlučivanja) AHP metodom, te bi se istom također rangiralo efikasne jedinice koje će u AOMP formirati granicu efikasnosti.

5. ZNAČAJKE I SIGURNOST ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA

Elektroničko poslovanje i primjena IT tehnologije danas uvelike mijenja poslovne procese kako velikih svjetskih korporacija tako i državnih institucija. Uspješno implementirana IT tehnologija može uvelike reducirati cijenu poslovnih procesa, ubrzati provođenje istih, smanjiti potrebu za ljudskim resursima, te čak biti presudni faktor prednosti nad konkurencijom.

Implementacija IT tehnologija u javnoj upravi nadilazi ciljeve komercijalnih informacijskih sustava zbog činjenice da uključuju i ciljeve vezane za dobrobit zajednice, političke i društvene ciljeve, itd.

Državna uprava koja svoje servise bazira na IT tehnologiji naziva se e-uprava. E-uprava predstavlja skup informacijskih i komunikacijskih tehnologija (ICT) koje se koriste u cilju stvaranja učinkovitije, djelotvornije, transparentnije i dostupnije javne uprave, povećanjem kvalitete svojih usluga i smanjivanjem birokratskih barijera⁴⁸.

5.1 E- POSLOVANJE

Elektroničko poslovanje (e-business) predstavlja izraz za suvremeni oblik organizacije poslovanja koji podrazumijeva intenzivnu primjenu informatičke tehnologije i pritom posebno internetske tehnologije prilikom obavljanja svih ključnih poslovnih funkcija tvrtke⁴⁹. Ovaj suvremeni koncept po prvi se puta počeo primjenjivati sredinom 90-tih godina prošlog stoljeća kada je u mrežu povezano više od milijun većih računala u čitavom svijetu, što je potaklo razvijanje svijesti o mogućnostima jedne takve tehnologije.

Pojavom i jačanjem popularnosti World Wide Web servisa te uz pomoć vizionara shvatilo se kako bi Internet u budućnosti mogao postati novi globalni gospodarski prostor tj. najveće svjetsko tržište roba, usluga, kapitala, rada i informacija. Umjetne prepreke izazvane političkim čimbenicima nestaju, a paralelno se javlja i multikulturalizam.

Pojavom prvih poslovnih web mjesta sredinom devedesetih godina i naknadnih uspjeha takvih mjesta dovode do stvaranja novog koncepta poslovanja koje je nazvano – elektroničko

⁴⁸ Abdelbaset Rabaiah; Best-Practice Framework for Developing and Implementing E-Government, Vubpress, 2009.

⁴⁹ Panian, Ž.; Informatika u poslovanju, Element, Zagreb, 2007. str 256.

poslovanje. Taj je koncept na počecima ostvarivan samo u obliku elektroničkog kataloga na kojima su tvrtke objavljivale informacije o proizvodima i uslugama koje su nudile potrošačima. Razvojem poslovnih web mjesta ona se počinju profilirati i dobivati različite namjene poput navigacije po web mjestu, dogovaranja uvjeta kupnje, kataloškog naručivanja proizvoda i sl.⁵⁰

Porastom broja web mjesta, razvijaju se elektronička tržišta na kojima se uspostavlja i konkurencija među tvrtkama koje se svojim web mjestima uključuju u tržišne tokove, što je dovelo do potrebe za povezivanjem komplementarnih tvrtki, a samim time i do stvaranja mogućnosti za jednostavnu i brzu razmjenu poslovnih informacija posredstvom različitih Internet servisa.

Evolucija koncepta elektroničkog poslovanja odvijala se velikom brzinom u trenutku kada su uočene njegove prednosti i usporedimo li taj razvoj s razvojem tradicionalne industrijske proizvodnje on je put od „rođenja“ do „zrele dobi“ prešao u deset puta kraćem razdoblju tj u razdoblju od svega 10 godina.

5.1.1 E- UPRAVA -ELEKTRONIČKO POSLOVANJE TIJELA JAVNE UPRAVE

Kontinuirani i brz razvoj internetske tehnologije, rast njezinih korisnika te zahtjev pravnih subjekata i građana za povećanjem efikasnosti javne uprave doveo je do razvoja elektroničke uprave. Kako bi se realizirali navedeni zahtjevi potrebno je provesti organizacijsko restrukturiranje državne uprave, definirati zakonske okvire, osigurati adekvatnu ICT infrastrukturu, te educirati korisnike.

Elektronička uprava (West, 2005) predstavlja organizacijsku strukturu svih tijela državne uprave koji integrira tokove i međuovisnosti između državnih tijela, tvrtki, korisnika i javnih institucija uz pomoć informacijsko- komunikacijske tehnologije. Tijela državne uprave u RH su ministarstva, središnji državni uredi, uredi državne uprave u županijama i sl. E- uprava podrazumijeva integriranje i digitalizaciju svih poslovnih procesa javne uprave u cilju pružanja cijelog spektra usluga krajnjem korisniku. Koristi koje se očekuju implementacijom jednog

⁵⁰Green K.: Powering Up: How Public Managers Can Take Control of Information Technology (Governing Management Series),CQpress,2001.

takvog sustava jest dostupnost usluga 24 sata dnevno, niže cijene usluga, poboljšana efikasnost usluge, rastuća produktivnost i dr.

Razvoj i primjena e-uprave pretpostavlja odgovarajuću razinu razvijenosti informacijskog društva koja ovisi o nekoliko čimbenika a to su; informacijska pismenost građana, razina i kvaliteta informacijske infrastrukture, broju korisnika interneta te zakonskoj i institucionalnoj regulativi primjene internetske tehnologije u poslovanju.

Kako bi se stvorio preduvjet za razvoj informacijskog društva potrebno je prije svega jačati svijest građana o mogućnostima koje ono pruža kako bi se i sami odlučili aktivno uključiti u njegovu izgradnju. Tijela državne uprave i ostale javne institucije poput škola i sveučilišta trebala bi organizacijom raznih tečajeva za sve uzraste omogućavati, poticati i podizati razinu informacijske pismenosti i svijest o nužnosti takve vrste obrazovanja.

Dostupnost informacijske infrastrukture kao i njezin stupanj razvijenosti preduvjeti su za frekventnije korištenje informacijsko-komunikacijske tehnologije od strane građana. Da bi provođenje tog cilja bilo omogućeno, potrebno je da država također utječe na tri bitna faktora, a to su cijena korištenja Interneta, razvoj internetske računalne mreže, te podizanje razine sigurnosti korištenja Interneta.

Pravni okvir je još jedan preduvjet za razvoj informacijskog društva. Jedan od primjera u RH je Zakon o elektroničkom potpisu koji predstavlja pravnu osnovu za poslovanje putem Interneta. Drugi bitan okvir je onaj institucionalni putem kojeg se definiraju državne agencije i ministarstva te druge institucije čiji je zadatak uređivanje i usmjeravanje razvoja e-poslovanja u državi kao što su to npr. Agencija za telekomunikacije ili Agencija za zaštitu osobnih podataka. Treći aspekt koji je također vrlo važan je interoperabilnost koja predstavlja sposobnost međusobne komunikacije, protoka podataka i razmijene informacija između dva ili više ICT sustava. Interoperabilni okvir sačinjava skup normi, standarda i preporuka o načinu međupovezivanja. Interoperabilnost sustava u tijelima državne predstavlja nužnost radi osuvremenjivanja i reinženjeringa radnih procesa, a Okvir za interoperabilnost je preduvjet koji se mora ispuniti u cilju uspješne komunikacije korisnika u sustavu elektroničke uprave. Elementi koji su definirani dokumentom o interoperabilnosti su⁵¹ :

- Identifikacija korisnika

⁵¹ Osborne, D.: Banishing Bureaucracy: The Five Strategies for Reinventing Government, A Plume Book, 1998

- Standardizacija podataka
- Autentifikacija korisnika
- Sigurnost komunikacije

Definiranjem gore navedenih elemenata postavlja se standard za elektroničke transakcije među institucijama državne uprave, odnosno elektroničke transakcije između institucija s jedne strane i privatnog sektora ili građana s druge.

Restrukturiranje tijela državne uprave nužno je kako bi se provela uspješna primjena e-Uprave. Ta organizacijska promjena najočitija je u reformi školstva i znanosti, zdravstva, javne administracije, javnih poduzeća te mirovinskog sustava u koje se uvodi informacijska tehnologija koja bi povezala sva državna tijela u komunikacijsku mrežu, kao i njihove baze podataka za koje se razvijaju specifične aplikacije

5.1.2. POVIJESNI PREGLED RAZVOJA ELEKTRONIČKE UPRAVE

Začeci strateškog razvoja e- uprave sežu u početke 90-ih godina kada je određen broj članica EU objavio prve akte o razvoju informacijskog društva pri čemu su neke od njih utvrdile i tijela zadužena za razvoj informacijskog društva, a u čiji okvir spada i e-uprava. Na tim osnovama su vlade određenih država započele s pripremom strateških odrednica i nacрта razvoja e-uprave kako u obliku samostalnih dokumenata tako i u okviru strategije za razvoj informacijskog društva. Neke su od njih te nacрте nadogradile akcijskim nacrtima koji zacrtavaju ciljeve koji bi se u određenom vremenskom periodu trebali realizirati.

Države se obzirom na tako postavljene ciljeve mogu podijeliti u dvije skupine ⁵²:

- Prvoj skupini pripadaju države koje su usvojile e-usluge prema načelu „quick-fix, quick-wins“ čija je namjera stvoriti elektronički ekvivalent klasične birokratske uprave. Tim je državama cilj na relativno brz način dostići visoku razinu usluga na Internetu i to uglavnom na informacijskoj, interakcijskoj i transakcijskoj razini. Kako bi prešle na višu

⁵² M. Kunstelj, Kratak pregled razvoja e- Uprave, 2007

razinu razvoja e-poslovanja, svoje strategije poboljšavaju na način da modificiraju svoje poslovanje kao i pogled na djelovanje uprave. Ovoj skupini pripada većina članica EU .

- Države iz druge skupine, kojoj pripadaju SAD, Kanada, Velika Britanija, Švedska, Danska i Australija, su problematike e-uprave bile više ili manje svjesne od samog početka pa tako na njezin razvoj gledaju cjelovito i bolje si postavljaju dugoročne ciljeve. Države ove skupine rješenja uvode sporije i promišljenije kako bi iz svake investicije izvukle najveću korist iako takav način iziskuje puno više angažmana i sam proces duže traje, prije svega na području povezivanja i integriranja usluga u okviru životnih situacija (tj. razvoja usluga po mjeri korisnika)

Republika Hrvatska bez dvojbe pripada prvoj skupini zemalja koje postojeću infrastrukturu pokušavaju najprije prebaciti u digitalni oblik, a potom, u hodu, ispraviti uočene nedostatke. Međutim, potrebno je naglasiti da Republika Hrvatska poput svih ostalih država EU i razvijenog svijeta u posljednjih nekoliko godina intenzivno pokušava potaknuti razvoj i uvođenje e-uprave. Poput ostalih vlada članica zemalja EU koje su prihvatile odgovarajuće strategije razvoja e-uprave u okviru kojih su definirani konkretni, vremenski determinirani ciljevi, RH je izdala dokument naziva „Strategija razvoja e- uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009-2012 godine“ .

Prije definiranja ciljeva i smjernica zadanima ovom strategijom, pozabavit ćemo se osnovnim značajkama koncepta e-uprave koje predstavljaju postojeće stanje razvoja e-uprave prema pojedinim područjima, a to su⁵³:

- Strateške osnove
- Postojeća infrastruktura (pripremljenost na e-poslovanje)
- Poslovanje s korisnicima koje se dijeli na
 - ponudu informacija i usluga na mreži i predstavljaju zrelost unutrašnjeg poslovanja samog sustava
 - potražnja i korištenje informacija i usluga.

⁵³ Marc Holzer, Min-Bong, You, Aron Manoharan; Digital Governance in Municipalities Worldwide (2009), National Center for Public Performance, 2010

5.1.3. OBLICI I FAZE RAZVOJA E- UPRAVE

Sukladno istraživanju provedenom 2000 godine, većina tijela državne uprave bila je u prvoj fazi razvoja . Taj podatak svjedoči o tome koliko je rapidan razvoj i korištenje naprednih tehnologija u razvijenim zemljama koje se već nalaze u 4. fazi. Prelazak iz jedne faze u drugu vrlo je spor radi otpora zaposlenika u tijelima javnih uprava prema novome, a tu su i korisnici koji slabo prihvaćaju nove web usluge koje se nude, te i nedostatak financijskih sredstava, ali i neadekvatna zakonska regulativa.

Mnogi autori definiraju razvoj e-uprave kroz četiri kvalitativno i kvantitativno različite faze. Prema Westu (2004:17):

1. faza je faza oglasnog prostora (*the billboard stage*) u kojoj se web stranice upravnih organizacija doživljavaju kao statički mehanizmi za prikaz informacija čiji su građani pasivni promatrači, a dvosmjerna interakcija gotovo da ne postoji;
2. faza je faza djelomičnog pružanja usluga (*the partial-service-delivery stage*) u kojoj građani mogu dobiti dio usluga putem interneta, ali u ograničenom opsegu i sporadično;
3. faza je faza portala (*the portal stage*) koji podrazumijeva one-stop shop portal s integriranim uslugama kojeg odlikuje lako korištenje, zaštita privatnosti i sigurnost podataka;
4. faza je faza interaktivne demokracije (*interactive democracy*) koju odlikuje pružanje usluga i brojnim mjerama usmjerenim na jačanje odgovornosti; web stranice se koriste za sistemsku političku transformaciju. Posjetitelji mogu personalizirati web stranice, dobiti odgovor, davati primjedbe i iskoristiti mnoge sofisticirane mehanizme namijenjene poticanju demokratske odgovornosti

Druga podjela UN DPEPA (prema Rose, 2005) također ističe postojanje četiri razine korištenja Interneta za pružanje informacija i usluga građanima od strane vlasti:

- prva je minimalna razina – daju se osnovne informacije, web stranice se ponekad zastarjele;
- druga je poboljšana razina – veći broj informacija, odgovori na važna pitanja (FAQ), stranice se redovito ažuriraju;
- treća razina interakcije – građanin kao aktivni korisnik, mogućnost 'skidanja' dokumenata, komunikacije e-mail-om;
- razina transakcije – mogućnost izražavanja mišljenja i odlučivanja, obavještanje o poduzetim akcijama, slanje obrazaca, itd.

Bangemannovim izvještajem⁵⁴ definira se razina informatiziranosti javne uprave prema kojem je izrađena i bodovna skala (vidi Tablicu 5.2):

World Public Sector Report 2003: E-government at the Crossroads, predstavlja jedan od bitnih dokumenata o implikacijama i problemima e- uprave. Izrađen u je okviru OUN koji ističe ulogu informacijsko komunikacijske tehnologije u javnoj upravi kako bi se transformirali njezini unutrašnji i vanjski odnosi, te omogućilo postizanje brzine, preciznosti, jednostavnosti, dostupnosti usluga, što u konačnici dovodi do smanjenja troškova i povećane učinkovitosti, transparentnosti i odgovornosti (UN, 2003: 1,7).

Prema tom dokumentu preduvjeti koji omogućavaju stvaranje kvalitetne e-uprave (UN, 2003:8-9) su:

1. dostupnost početnih investicija
2. odgovarajuća kultura javnih službenika i potrebne vještine
3. sveobuhvatna koordinacija
4. odgovarajući pravni okvir
5. ICT infrastruktura
6. političko vodstvo i trajna politička volja
7. uključivanje javnosti
8. planiranje razvoja ljudskog kapitala i tehničke infrastrukture

⁵⁴ *Vidi eEurope 2005: Benchmarking Indicators, Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, November 2003.*

- 9. partnerstvo, posebno s privatnim sektorom i civilnim društvom
- 10. nadzor i evaluacija

Posljedice uvođenja i korištenja informacijskih tehnologija očituju se prema Brown-u (2005) u četiri glavne dimenzije :

- (1) usluge se orijentiraju prvenstveno na građane (izbjegavanje birokratske zaokupljenosti procedurama, ali i opsjednutosti rezultatima per se);
- (2) informacija dobiva značaj javnog resursa;
- (3) razvijaju se nove vještine zaposlenih u javnoj upravi (ali i građana koji koriste njezine usluge);
- (4) mrežne strukture, timski rad te trajna virtualna povezanost kako unutar same upravne organizacije tako i otvaranjem informacijskih kanala prema okolini organizacije utječe na 'ublažavanje' strukturne hijerarhičnosti i posljedično dovodi do kvalitativno drugačijih radnih uvjeta i radnih odnosa.⁵⁵

5.1.4 KONCEPT E-UPRAVE

Koncept e-poslovanja sve se više uvodi u poslovanja javne uprave s namjenom povećanja njezine kvalitete usluga te s ciljem povećanja učinkovitosti i uspješnosti njezinog poslovanja. Pojam e-uprava ne obuhvaća samo e- usluge, već i upotrebu dostupne informacijske tehnologije u cjelokupnom rasponu djelovanja javne uprave, a prije svega mogućnost povezivanja koju nudi Internet i s njim povezane tehnologije koje donose mogućnosti za promjene u strukturi i djelovanju uprave.

E-uprava obuhvaća e-poslovanje u javnoj upravi na svim razinama: državnoj, regionalnoj i lokalnoj i svim granama ovlasti; zakonodavnoj, izvršnoj i sudskoj te se zato sve češće

⁵⁵ O među utjecaju organizacijske strukture i komunikacija vidi opširnije Koprić (1999).

susrećemo s izrazima kao što su : e-izbori, e-zdravstvo, e-usluge, e-vlada i dr. koji su združeni u pojam e- uprava.

E-uprava obuhvaća:

- poslovanja između uprave i maloprodaje
- poslovanja između uprave i tvrtki
- poslovanja između uprave i nevladinih ili neprofitnih organizacija
- unutrašnje poslovanje uprave koje obuhvaća poslovanje pojedinačnih upravnih organa u institucije kao i njihovo međusobno poslovanje

Ova podjela determinira 4 segmenta djelovanja javne uprave koja se može prikazati tzv. X2Y matrici u kojoj X i Y predstavljaju subjekte koji sudjeluju u poslovanju javne uprave pri čemu maloprodaja, tvrtke, nevladine ili neprofitne organizacije predstavljaju korisnike usluga i informacija⁵⁶.

Tablica 5.1 Tablični prikaz osnovnih oblika odnosa u elektroničkom poslovanju u odnosu na sudionike

	Maloprodaja	Javna uprava	Gospodarstvo	Nevladine/neprofitne organizacije
Maloprodaja	C2C	C2G	C2B	C2N
Javna uprava	G2C	G2G	G2B	G2N
Gospodarstvo	B2C	B2G	B2B	B2N
Nevladine/neprofitne Organizacije	N2C	N2G	N2B	N2N

Izvor : M. Kunstelj, Kratak pregled razvoja e- Uprave, 2007

E-uprava je uprava za koju je značajna intenzivna upotreba IT tehnologije te kao takva omogućava veću transparentnost i učinkovitost unutrašnjeg poslovanja uprave kao i nove i bolje

⁵⁶Heichlinger, A.: eGovernment in Europe's Regions: Approaches and Progress in IST Strategy, Organisation and Services, and the Role of Regional Actors ,IZDAVAČ ,2004

načine komunikacije između uprave i korisnika što pridonosi većoj transparentnosti i kvaliteti usluga. Takva usmjerenost ka zadovoljavanju potreba korisnika potiče reorganizaciju i obnovu procesa, što implicira veću uspješnost poslovanja i veće kvalitete usluga.

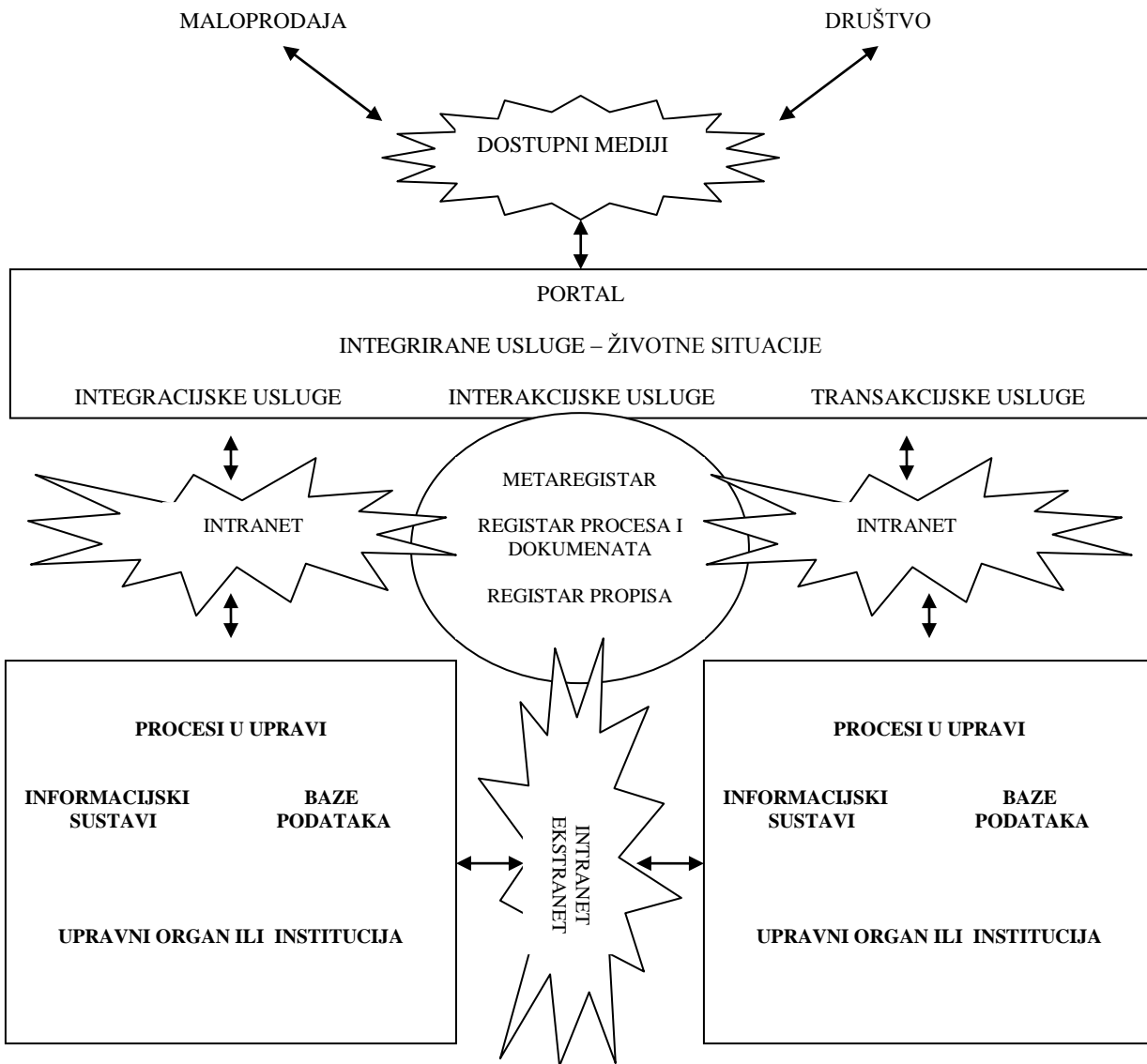
Na slici niže prikazan je model e- uprave gledajući pojedina područja poslovanja i veze među njima. Model se sastoji⁵⁷:

- osiguravanja kvalitetnih informacija i elektronskih usluga dostupnih različitim komunikacijskim kanalima (tj. različitim medijima) u bilo koje vrijeme i na bilo kojem mjestu prema načelu „sve na jednom mjestu“ i s upotrebom koncepta životnih situacija (life-event approach).
- Učinkovitog unutrašnjeg poslovanja upravnih organa i institucija, uključujući informacijsku potporu upravljanju i osiguravanju unutrašnjih procesa, jednostavan brz dostup svih podataka
- Učinkovite komunikacije i sudjelovanja među pojedinačnim organima i institucijama, koji omogućavaju tekuće i brzo izvođenje procesa (koncept povezane uprave)⁵⁸

⁵⁷ Alabau, A. The European Union and its E-government Development Policy – Following the Lisbon Strategy Objectives, published with the support of Fundación Vodafone

⁵⁸ Vintar, M.; Grad, J.: E- Uprava: Izabrane razvojne perspektive, Upravna Misel, monografija, 2007

Slika 5.1 Grafički prikaz funkcioniranja procesa u elektroničkoj upravi



Izvor.: Vintar, M.; Grad, J.: E- uprava: Izabrane razvojne perspektive, Upravna Misel, monografija, 2007

E- upravu mora se gledati kao na strateški orijentir ili viziju razvoja uprave, pri čemu je IT samo jedan aspekt njezinog razvoja. Na informacijsku tehnologiju se ne treba gledati kao na lijek za sve mane uprave već kao na jednu od ključnih faktora u procesu njezina razvoja. Kako bi se u

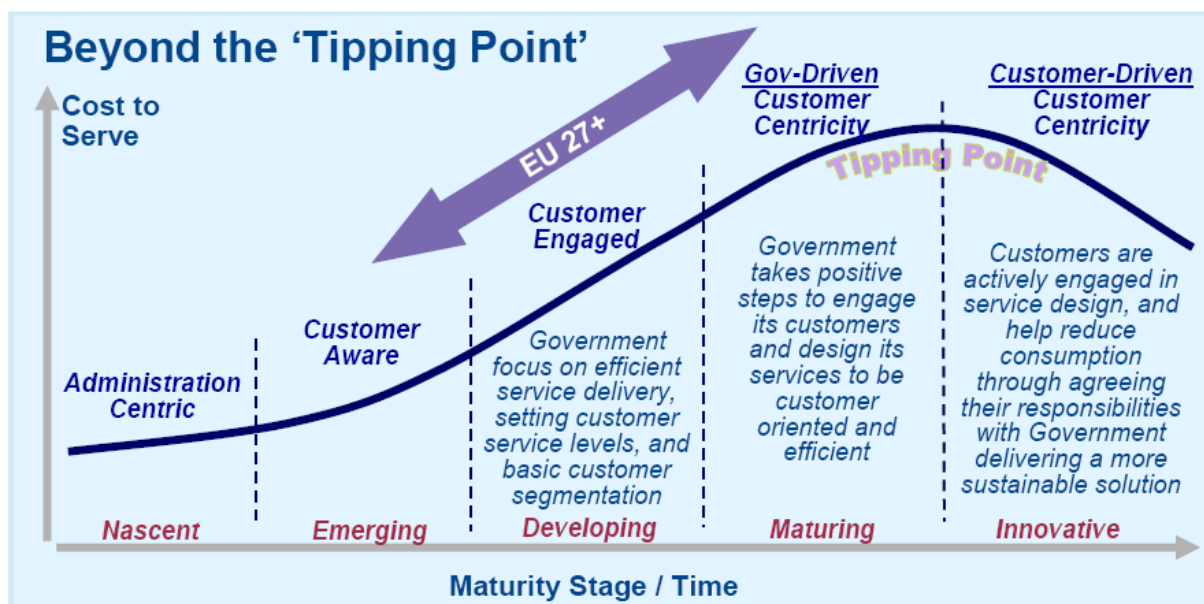
potpunosti ostvarili ciljevi e-uprave potrebno je uključiti i druge aspekte poput pravnog, političke, društvene i sl (vidi Vintar et al 2000).

Na ispitivanju koje se provelo u studenom 2009. godine od strane europske komisije, Republika Hrvatska je podnijela izvješće prema kojem je u 10. poglavlju (Informacijsko društvo i mediji) ocijenjeno da je RH usvajanjem strategije E-uprava za razdoblje 2009-2012 učinila velik korak te samim tim je zaključeno da je u ovom poglavlju ostvaren dobar napredak. Ovo je poglavlje privremeno zatvoreno što se smatra velikim uspjehom.

Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2012. godine nedavno je donesena i još nisu vidljivi konkretni pomaci u njezinoj realizaciji, osim što je pokrenuta medijska kampanja koja bi mogla utjecati na svijest građana o tome koliko je digitalizacija u svim sferama društva potrebna.

Provedbom strategije e-uprave zacrtan je cilj prema kojem bi se u kratkom roku trebalo dostići standarde Europske unije, a da se pri tome ostane svjestan ograničenja koja postoje. Ograničenje Republike Hrvatske je u tome da je u proces digitalizacije uprave krenula mnogo kasnije od ostalih zemalja EU. Kako bi se kroz cjelokupni proces prošlo mnogo brže i kako se ne bi uvijek zaostajalo za ostatkom članica potrebno je iskoristiti njihova iskustva i zaobići probleme na koje su nailazile prilikom prolaženja kroz pojedinu fazu. Iz tog razloga na prikazu niže iz posljednje studije Europske komisije nema vremenskih rokova

Slika 5. 2 Grafički prikaz razvojnog ciklusa E-uprave



Izvor: Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009 do 2010 godine

Takvim je načinom omogućeno da svaka država izabere najprikladniji način i brzinu kojom će doći do posljednje dvije faze tj. faze zrelosti i faze inovativnosti. Prema ovoj slici državna uprava RH ima prisutne pokazatelje prve četiri faze razvoja, a raspoloživim rješenjima znatan se broj postojećih informacijskih sustava u hrvatskoj upravi može integrirati.

Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2012. godine usvojena je 22. siječnja 2009. godine na sjednici Vlade Republike Hrvatske i ima za cilj pokretanje procesa izgradnje korisnički usmjerene, dostupne, odgovorne i učinkovite E-uprave.

E- uprava se temelji na upotrebi određenih načela čijom bi se provedbom omogućilo utvrđivanje okvira i ciljeva postojećih i novih aktivnosti elektroničke uprave, postavljanje ljudi u centar interesa kako bi im se omogućio pristup informacijama, upotreba javnih usluga i utjecanje na političke odluke⁵⁹.

⁵⁹ Vidi: <http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/vr-09-28.pdf>

Načela koja omogućuju provedbu zadanih ciljeva i njihova primjena objašnjena su redom u sljedećim točkama⁶⁰:

- Sve usluge elektroničke uprave i javne informacije, odnosno sadržaji kojima raspolažu tijela javne vlasti, moraju biti u potpunosti prihvatljive, raspoložive i dostupne svim korisnicima usluga, bez ograničenja, na jednak način i pod jednakim uvjetima neovisno o njihovim posebnostima
- Uvođenjem novih oblika pružanja usluga elektroničke uprave neće se ukidati postojeći oblici i načini pružanja usluga državne uprave građanima i poslovnim subjektima. Jedino stvarnim povećanjem broja korisnika usluga elektroničke uprave mogu se prethodni oblici pružanja usluga postupno ograničavati;
- Usluge državne uprave koje se ne pružaju kroz sustav elektroničke uprave ne mogu biti ukinute prije nego se osigura da svi postojeći i mogući korisnici imaju pristup i znanja korištenja usluga elektroničke uprave;
- Razvoj novih usluga državne uprave mora se temeljiti na primjeni informacijsko-komunikacijske tehnologije, a njihovo pružanje mora se omogućiti kroz raznovrsne, korisnicima najdostupnije komunikacijske kanale;
- Informacije javno dostupne kroz sustav elektroničke uprave moraju biti strukturirane i isporučene na način koji u potpunosti osigurava jednostavan, razumljiv i slobodan pristup za sve korisnike. Pri tome tijela javne uprave moraju koristiti opće prihvaćene norme bez posebnih zahtjeva prema korisnicima javnih usluga za korištenjem komercijalnih ili na druge načine uvjetovanih programskih rješenja ili tehnoloških platformi;
- Svaki podatak odnosno informacija unosi se samo jednom i na jednom mjestu u sustav elektroničke uprave. Svi subjekti koji potražuju podatak, odnosno informaciju koja je već unesena u sustav državne uprave, moraju ih preuzimati iz sustava kroz otvorene oblike komunikacije u skladu s utvrđenim pravnim temeljem;
- Oblici elektroničkog zapisa (u svojstvu elektroničkih isprava, elektronički objavljenih Web stranica, odnosno elektroničkih dokumenata) koje koriste i

⁶⁰ Vidi : Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009 do 2010 godine

razmjenjuju tijela državne uprave ne smiju korisnike informacija, odnosno usluga elektroničke uprave, dovesti u položaj nužnosti kupovine komercijalnih proizvoda kako bi pristupili i koristili javne usluge;

- Tehnološka osnovica razvoja i obavljanja usluga elektroničke uprave koja se odnosi na računala, programska rješenja i komunikacijsku mrežu mora u što većoj mjeri biti neovisna o dobavljaču roba i usluga;
- Sigurnost i pouzdanost sustava elektroničke uprave mora se provoditi u skladu s utvrđenim normama informacijske sigurnosti i u skladu s pravnim i normativnim okruženjem zaštite osobnih podataka;
- Usluge elektroničke uprave moraju podržavati stručno i profesionalno osposobljeni službenici. Stoga svi zaposleni službenici moraju imati odgovarajuću razinu informatičke pismenosti, sukladno utvrđenoj međunarodnoj podlozi European Computer Driving Licence (ECDL).

LOKALNA e-UPRAVA

U Strategiji razvoja e-uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2009-2012 u niti jednom segmentu se ne spominje razvoj lokalne uprave niti su dane smjernice za njezin razvoj. Nema donesene studije koja bi pokrila segment na lokalnoj razini.

Budući da ovaj rad ispituje efikasnost elektroničkog poslovanja gradske uprave bitno je definirati što u okvirima elektroničke uprave predstavlja pojam inteligentnog grada. Prema definiciji europskog IntelCities projekta, inteligentni grad predstavlja onaj grad koji je u mogućnosti svojim građanima pružati niz usluga i informacija na zahtjev u bilo koje vrijeme i na bilo kojem mjestu. Da bi se postigao takav stupanj razvoja potrebno je napraviti strategiju razvoja čiji bi krajnji cilj bio pružiti građanima što veći broj on-line usluga koje moraju biti lako dostupne, jednostavne za korištenje i dostupne u svako vrijeme⁶¹.

Temelje elektroničke uprave koji su zacrtani ovom strategijom na razini državne uprave moguće je preslikati na stanje sustava gradske uprave te ga je grafički moguće prikazati kao na slici 5.3.

⁶¹ <http://intelcities.itl.gr/intelcities>

5.1.5. TEMELJNA STRUKTURA E-UPRAVE

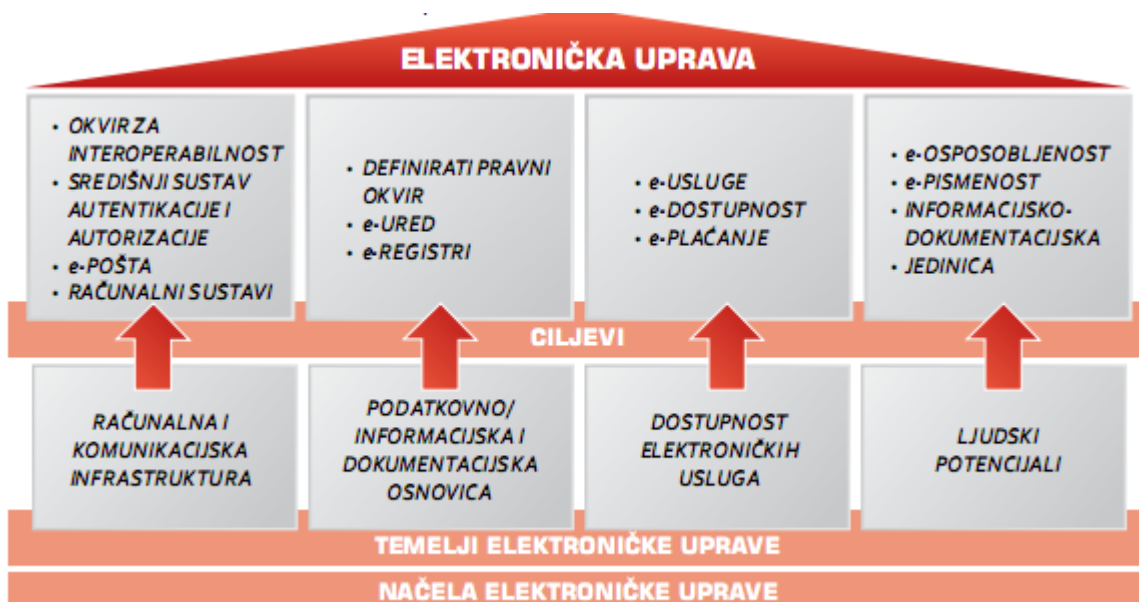
Temelji na kojima počiva elektronička uprava u Republici Hrvatskoj definirani su obzirom na zatečeno stanje. Četiri osnovna temelja (prema dokumentu Strategija razvoja elektroničke uprave u RH za razdoblje 2009-2012) elektroničke uprave su:

- računalna i komunikacijska infrastruktura
- podatkovno-informacijska i dokumentacijska osnovica
- dostupnost elektroničkih usluga
- ljudski potencijali
- informacijska sigurnost

Kao petu kategoriju u ovom je radu izdvojen i aspekt informacijske sigurnosti koji se razvija paralelno sa sve četiri kategorije⁶².

Strukturu elektroničke uprave moguće je prikazati kao na slici 5.3.

Shema 5.1 Prikaz temelja elektroničke uprave



Izvor: Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009 do 2010 godine

⁶² vidi: <http://www.e-hrvatska.hr/hr/Dokumenti/e-Poslovanje/Strategija-razvitka-elektronickog-poslovanja-u-Republici-Hrvatskoj-za-razdoblje-2007.-2010.#document-preview>

- **Računalna i komunikacijska infrastruktura**

Temelj elektroničke uprave predstavlja sigurna, pouzdana, informacijski učinkovita i troškovno isplativa računalna i komunikacijska infrastruktura. Kao tehnološka osnovica ona određuje razinu i kvalitetu djelovanja e-uprave. Računalni sustavi na kojima se temelji jedinstveni pristup oblikovanja računalnih sustava dane infrastrukture sastoje se od :

- Računalno-komunikacijske opreme i
- Programskih rješenja koja omogućuju objedinjeno izvođenje standardiziranih poslovnih procesa prilikom rada tijela državne uprave

U dokumentu *Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2012. godine* se kao osnovni preduvjet provedbe e-uprave u svim tijelima državne uprave navodi stvaranje jedinstvene razine pouzdanosti, tehnološke suvremenosti i operativne učinkovitosti ugrađene računalne opreme.

Djelotvornost svih sudionika uključenih u provođenje pojedinačnih aktivnosti sadržanih u sustavu e-uprave očituje se kroz komunikacijski sustav koji predstavlja okosnicu cijelog okruženja e-uprave. Računalno komunikacijska mreža tijela državne uprave (HITRONet) je prva razina oblikovanja komunikacijskog sustava i čini jezgru cjelovitog sustava za potrebu e-uprave.

HITRONet⁶³ predstavlja složen sustav koji je tehnološki zahtjevan i sa sigurnosnog aspekta pouzdan. Postojeća infrastruktura osnovica je za izgradnju novih komunikacijskih slojeva u čemu se posebna pažnja pridaje funkciji informiranja korisnika i razmjeni elektroničkih poruka pri kojoj svaki korisnik u svakom trenutku mora biti u mogućnosti jednoznačno utvrditi identitet drugog sudionika u elektroničkoj komunikaciji. Iz navedenog je evidentno da bitan aspekt u cjelokupnoj strukturi zauzima središnji sustav autentikacije i autorizacije. Ovaj je sustav neizostavna kategorija elektroničkog poslovanja, a izgrađuje se usporedno s razvojem sustava e-Uprave i kao takav traži nove oblike identifikacije fizičkih i pravnih osoba. Logično je stoga da se kao još jedan preduvjet nameće uvođenje novih obrazaca i postupaka potvrđivanja identiteta osoba koje izrađuju sadržaje, osoba koje ih koriste te osoba na koje se podaci odnose. Istodobno, usluge elektroničke uprave pružaju se osobama za koje se identitet ne može više utvrđivati na postojeće načine te je nužno uspostaviti elektroničke sustave elektroničke autentikacije i

⁶³ Vidi: Hitronet <http://www.e-events.hr/sdu/hr/eUprava/HITRONet.html>

autorizacije, ne samo korisnika usluga već i državnih službenika koji djeluju u sustavu elektroničke uprave. Kao takav, ovaj je sustav neizostavna kategorija virtualnog poslovanja koje se izgrađuje razvojem sustava e-uprave i koje traži nove oblike identifikacije fizičkih i pravnih osoba uz istodobno jasno i pravno utemeljeno dodjeljivanje ovlaštenja djelovanja i korištenja resursa u sustavu e-uprave.

Jednaku važnost u infrastrukturnom dijelu e-uprave uz sustav autentikacije i autorizacije imaju i komunikacijski kanali za razmjenu elektroničkih poruka pri čemu se u okruženju državne uprave primjenjuju različita tehnološka rješenja kao i različiti oblici upravljanja sustavom elektroničke pošte. Kako se sustav elektroničkih poruka često koristi u sustavu javnih institucija korištenjem novih načina razmjene elektroničkih poruka potrebno je da bude oblikovan u skladu s propisima kojima se uređuje upravno postupanje prema Zakonu o upravnom postupku i sukladno uredbama o uredskom poslovanju. Ovi pravni okviri također predstavljaju preduvjet za uspješnu komunikaciju i informiranje korisnika u korištenju e-usluga čiji je razvoj determiniran primjenom standarda interoperabilnosti. Pojam interoperabilnost podrazumijeva međusobno povezivanje usluga kao i razvoj novih usluga po mjeri, što omogućava cjelovitu računalnu i komunikacijsku infrastrukturu za razvoj uprave usmjerene korisniku.

- **INFORMACIJSKO DOKUMENTACIJSKA OSNOVICA**

Podatkovno informacijska i dokumentacijska osnovica predstavlja središnju kategoriju ukupnog djelovanja sustava e-uprave i cjelokupne državne uprave. Taj status je osiguran radi potrebe tijela državne uprave da u svom radu i pružanju usluga građanima i gospodarstvu temelje radne procese na prikupljanju, obradi i čuvanju podataka, na pripremi informacijskih sadržaja te njihovom objavljivanju i dostavljanju, na pripremi zakonskih prijedloga i dr.

Ishodište pružanja usluga u sustavu e-uprave čine podaci, informacije i objedinjeni sadržaji uobličeni u isprave koji ujedno čine i bazu za rad tijela državne uprave. Sadržaji koji čine elektroničke isprave temelje se na podacima koje tijela državne uprave već posjeduju u vidu registara, evidencija ili strukturiranih baza podataka. Temeljne entitete u sustavu državne uprave čini fizička osoba, poslovni subjekt i prostorna jedinica. Svaki od njih daje polaznu građu podataka ugrađenu u druge registre i evidencije na koje se nadograđuju podaci prema unaprijed

utvrđenom propisu. Strategija reforme državne uprave je dokument prema kojemu se definiraju smjernice za izvedbeno rješenje sustava, a ono uključuje rukovanje i upravljanje elektroničkim ispravama. Ovakav sustav omogućit će korištenje strukturiranih obrazaca odobrenih od strane tijela ovlaštenog za sustav državne uprave.

Kako bi se postigla ovakva razina razvoja sustava nužno je imati i zakonski okvir koji će regulirati način na koji će se organizirati i provesti uredsko poslovanje korištenjem informacijske tehnologije. Taj pravni segment nužan je za provođenje informacijsko dokumentacijske osnove e-uprave, a on je reguliran provođenjem mnoštva zakona koje u ovom radu neće se navoditi.

Takav sustav koji se temelji na upravljanju e-ispravama i ostalim skupovima podataka, a pritom je reguliran dobrim zakonskim okvirom čini temelj elektroničke uprave.

- **DOSTUPNOST ELEKTRONIČKIH USLUGA**

Dostupnost elektroničkih usluga podrazumijeva sustav pružanja elektroničkih usluga kojima korisnici (građani, pravne osobe i dr.) mogu pristupiti putem Interneta i drugih komunikacijskih kanala. E-usluge u smislu ove strategije osim usluga dostupnih IT tehnologijom uključuju i one poslove koje korisnici uz pomoć ove tehnologije mogu obavljati s tijelima državne uprave posredno u komunikaciji s nadležnim tijelom ili posredno putem ovlaštenika. Kako bi takav sustav e-usluga funkcionirao i bio konzistentan, učinkovit i pouzdan potrebno je da sve usluge zadovoljavaju sljedeća svojstva:

- **dostupnost** što podrazumijeva da se kroz raspoložive komunikacijske kanale osigurava korištenje usluga od strane bilo kojeg korisnika.
- **pouzdanost i sigurnost** podrazumijevaju niz postupaka i procedura koje omogućavaju zaštitu podataka u vrijeme prijenosa tijekom komunikacije kao i djelotvornost e-Usluge u vrijeme izvanrednih situacija.
- **proširivost i interoperabilnost** su dvije kategorije koje omogućavaju izvođenje e-usluga na način da se sustav postojećih e-usluga može permanentno nadograđivati i povezivati kako bi pružanje istih bilo objedinjeno.
- **tehnološka neovisnost** podrazumijeva nemogućnost determiniranja i ograničavanja na upotrebu specifične tehnološke platforme.

Prepoznato je da su određene zemlje EU koje su dostigle prihvatljivu razinu e-usluga prošle određeni ciklus skupine aktivnosti i stoga su sadržaj, opseg i razina pružanja pojedinih usluga e-uprave uvjetovani okruženjem rada državne uprave, potrebama građana i poslovnih subjekata te utvrđenim nacionalnim strategijama i programima te programima EU.

Velik broj usluga državne uprave u Republici Hrvatskoj koje se pružaju elektroničkim putem utvrđen je programom e-Hrvatska 2007. Tim se programom od 2004. godine izrađuju godišnji planovi provedbe i ocjenjuju razine informatiziranosti pojedinih usluga. Za praćenje razvoja e-usluga i uspješnosti pojedinačnih e-usluga koristi se tzv. Model 20 prikazan u tablici niže kojim se mjeri 12 osnovnih područja za građane i 8 osnovnih područja za poslovne subjekte.

Tablica 5.2 Tablični prikaz Modela 20

OSNOVNA PODRUČJA USLUGA	
GRAĐANI	POSLOVNI SUBJEKTI
1. Porez na dohodak	1. Mirovinsko i zdravstveno osiguranje zaposlenika
2. Zapošljavanje	2. Porez na dobit
3. Socijalne naknade	3. Porez na dodanu vrijednost
4. Osobne isprave	4. Registracija novog poduzeća
5. Registracija vozila	5. Prijava podataka Državnom zavodu za statistiku
6. Prijave policiji	6. Carinska deklaracija
7. Javne knjižnice	7. Zaštita okoliša
8. Državne matice	8. Javna nabava
9. Visokoškolsko obrazovanje	
10. Boravište/ prebivalište	
11. Zdravstvene usluge	
12. Građevinska dozvola	

Izvor: Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009 do 2010 godine

Europska komisija je kao mjerilo praćenja razvoja navedenih područja usluga prihvatila mjerenje razine informatiziranosti na skali od 0 do 5 što je prikazano u tablici niže. Ova je tablica poslužila i za formiranje jednog outputa u analizi.

Tablica 5.3 Tablični prikaz stupnjeva informatiziranosti

RAZINA INFORMATIZIRANOSTI	ZNAČENJE
0 – Nema informacije	Informacija o usluzi nije dostupna na mreži
1 – Informacija	Na mreži je dostupna samo informacija o usluzi
2 – Jednosmjerna interakcija	Dostupnost formulara u elektroničkom obliku za pohranjivanje na računalu. Prazne formulare moguće je otisnuti i na računalu.
3 – Dvosmjerna komunikacija	Omogućeno je interaktivno ispunjavanje formulara i prijava uz autentikaciju. Ispunjavanjem formulara pokreće se pojedina usluga.
4 – Transakcija	Cijela usluga je dostupna na mreži, popunjavanje formulara, autentikacija, plaćanje i isporuka potvrda, narudžbe ili drugi oblici potpune usluge putem mreže.
5 – Ciljana automatizirana proaktivna usluga	Usluga je u potpunosti prilagođena individualnom korisniku, automatizirana i proaktivna. To znači da korisnik dobiva na vrijeme upozorenje da treba dostaviti neke podatke ili pokrenuti elektroničku uslugu pri čemu

	mu se automatski nudi elektronički formular u koji su upisane sve informacije koje o korisniku već postoje u informacijskim sustavima javne uprave.
--	---

Izvor: Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009 do 2010 godine

Kako bi transparentnost pružanja e-usluga bila na višoj razini te kako bi se javnost upoznao o oblicima, načinima i mogućnostima korištenja pojedinačnih usluga, pokrenut je kroz središnji državni portal Moja uprava razvoj sustava jedinstvene komunikacije i interakcije svih korisnika usluga javne uprave. Središnju ulogu u ovom portalu imaju korisnici. Portal Moja uprava razvijen je kao sustav i koji svoje sadržaje i usluge čini dostupnima kroz sve razvijene kanale komunikacije i stoga se može reći da kao takav promovira načelo dostupnosti i uključivosti.

Može se reći da dokument *Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2012. godine* ima za cilj poticati i osigurati daljnju uspješnost korištenja e-usluga od strane svih korisnika te kao takav čini osnovicu za utvrđivanje strateških pravaca za razvoj, uvođenje i provedbu usluga e-uprave.

- LJUDSKI POTENCIJALI

Uvođenjem e-uprave, osim tri aspekta koja su ranije navedena potrebno je uzeti u obzir i onu ljudsku komponentu. Usporedno s tehnologijom koju se planira uvesti potrebno je osigurati da se i ljudskom kadru, kao i ostalim korisnicima sustava osigura mogućnost za stjecanje znanja koje će im omogućiti da koriste mogućnosti e-uprave. Dakle, efikasnost cijelog sustava ne ovisi samo o dobroj organizaciji, implementaciji i zakonskim regulativama, već i u usavršavanju osoblja koje će raditi unutar sustava, kao i o obrazovanju samih korisnika sustava. Bilo bi smiješno investirati u nešto što se neće koristiti. Zamislimo da imamo mogućnost korištenja bankomata, a da ih nitko ne koristi, već da i dalje svi korisnici stoje u redu u banci kako bi podigli gotovinu. Rečeno jednostavnim riječima, cjelokupan uspjeh djelovanja sustava e-uprave ovisit će o osposobljenosti

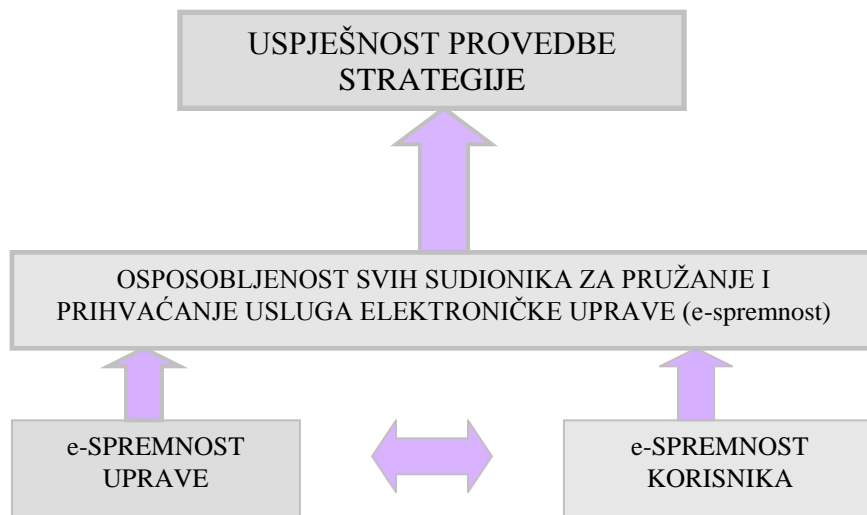
državnih službenika i korisnika usluga e–uprave za uspješnu primjenu ICT-a u poslovnim i upravnim procesima kao i u primjenama standarda informacijske sigurnosti.

Kako bi se ovakav sustav počeo koristiti on mora prije svega biti koncipiran tako da osigura:

- jednostavnost
- razumljivost
- tehnološku neutralnost prilikom pružanja usluga.

Nužno je uočiti kako se za opća informatička znanja i vještine ne postavljaju znatno veći zahtjevi od onih već utvrđenih Strategijom reforme državne uprave i sustavom stručnog usavršavanja i osposobljavanja državnih službenika , ali se isto tako pojavljuju potrebe za stjecanjem novih znanja i vještina vezanih za domenu pružanja usluga i onih vezanih uz područje informacijske sigurnosti svih korisnika usluga e-uprave. Izgradnjom ovog četvrtog temelja e-uprave stvara se okruženje prihvatljive razine e-spremnosti u sustavu državne uprave i korisnika usluga tog sustava. Uloga ljudskih potencijala u uspješnom provođenju e-uprave prikazana je sljedećom shemom.

Slika 5.4 Grafički prikaz uloge ljudskih potencijala u uspješnosti provedbe strategije



Izvor: Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009 do 2010 godine

- **INFORMACIJSKA SIGURNOST**

Informacijska sigurnost je u ovom radu dodana kao peti temelj e-uprave, bez obzira na dokument *Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2012. godine* u kojem su navedena samo četiri. Razlog je u tome što se iz proučene literature, ali i iz samog teksta dokumenta *Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2012. godine* vidi da je sigurnost bitan aspekt u provođenju i funkcioniranju elektroničkog poslovanja, jer se provlači kao bitan preduvjet za preostala četiri.⁶⁴

⁶⁴ O informacijskoj sigurnosti je posvećeno cijelo jedno potpoglavlje u okviru 5. poglavlja

5.1.6 E-UPRAVA U RH I SVIJETU

Prema istraživanju UN-a „United Nations E- Government Survey 2010“ u 4. poglavlju se obrađuje tema e-uprave i obzirom na upitnik od 95 pitanja formira se indeks e- spremnosti prema kojem se ocjenjuju i rangiraju sve države u svijetu. Osim što je formirana lista za države cijelog svijeta u dokumentu je napravljena i usporedba zemalja koje pripadaju istoj regiji. Prema toj kategorizaciji zemlje bivše Jugoslavije ne pripadaju Istočnoj Europi već su smještene u kategoriju Južne Europe zajedno sa Španjolskom, Italijom, Portugalom i Grčkom. Tablica prikazana niže pokazuje veliki napredak Republike Hrvatske na svjetskoj razini u posljednje dvije godine.

Tablica 5.3 Tablica indeksa razvoja e-uprave

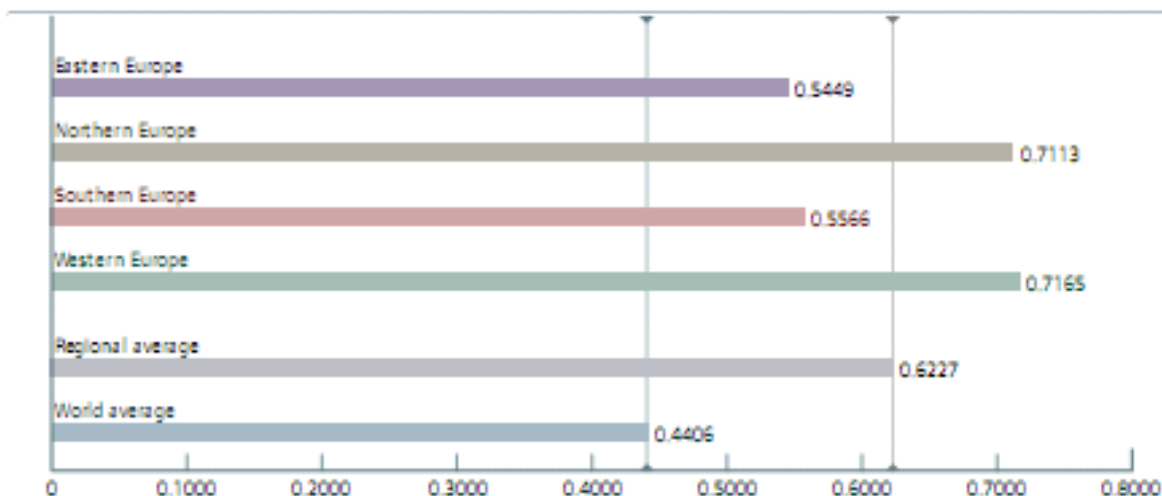
DRŽAVA	Indeks za ocjenu razvoja e- uprave		Svjetski poredak prilikom ocjene e-uprave	
	2010	2008	2010	2008
Španjolska	0.7516	0.7228	9	20
Slovenija	0.6243	0.6681	29	26
Malta	0.6129	0.6582	30	29
Hrvatska	0.5858	0.5650	35	47
Italija	0.5800	0.6680	38	27
Portugal	0.5787	0.6479	39	31
Grčka	0.5708	0.5718	41	44
Makedonija	0.5261	0.4866	52	73
Andora	0.5148	0.5175	57	58
Crna Gora	0.5101	0.4282	60	100
Bosna i Hercegovina	0.4698	0.4509	74	94
Srbija	0.4585	0.4828	81	77
Albanija	0.4519	0.4670	85	86
Prosjek podregije	0.5566	0.5642		
Svjetski prosjek	0.4406	0.4514		

Izvor: United Nations E- Government Survey 2010

Dobiveni rezultati u 2010. godini su više nego zadovoljavajući za RH. Za razliku od Italije, Portugala i Slovenije koje su članice EU sve ostale zemlje pokazuju znatan pomak u dvije godine. Ovaj pozitivan pomak za Crnu Goru, Makedoniju i Bosnu i Hercegovinu objašnjen je znatnim napretkom u telekomunikacijskoj infrastrukturi i on-line servisima. Za Republiku Hrvatsku nije dano objašnjenje za visoko 35 mjesto ispred Italije i Portugala, ali objašnjenje koje bi bilo prihvatljivo leži u činjenici da RH mora zadovoljiti određene standarde koje je nametnula EU za razvoj ICT-a u 10-om poglavlju pristupanja EU, a koje se tiče i same E-uprave. Težnja RH da u što kraćem vremenu dostigne i zadovolji te propisane standarde na području informacijsko-komunikacijske tehnologije pomakla ju je na 35.mjesto u 2010 godini. Jedino iznenađenje predstavlja Srbija koja bilježi pad za 4 mjesta.

Potrebno je primijetiti da se naša podregija svrstava u kategoriju koja bilježi veći prosjek od svjetskog (vidi grafikon 5.1), ali isto tako u regiji zaostajemo za zemljama Sjeverne i Zapadne Europe te prosjekom regije.

Grafikon 5.1. Prikaz razvoja e-uprave u Europi



Izvor: United Nations E- Government Survey 2010

Prema najnovijem istraživanju e-spremnosti istraživanja «The Global Information Technology Report 2010–2011»⁶⁵ iz 2011 od strane Svjetskog ekonomskog foruma. Indeks mrežne spremnosti

⁶⁵ http://www3.weforum.org/docs/WEF_GITR_Report_2011.pdf

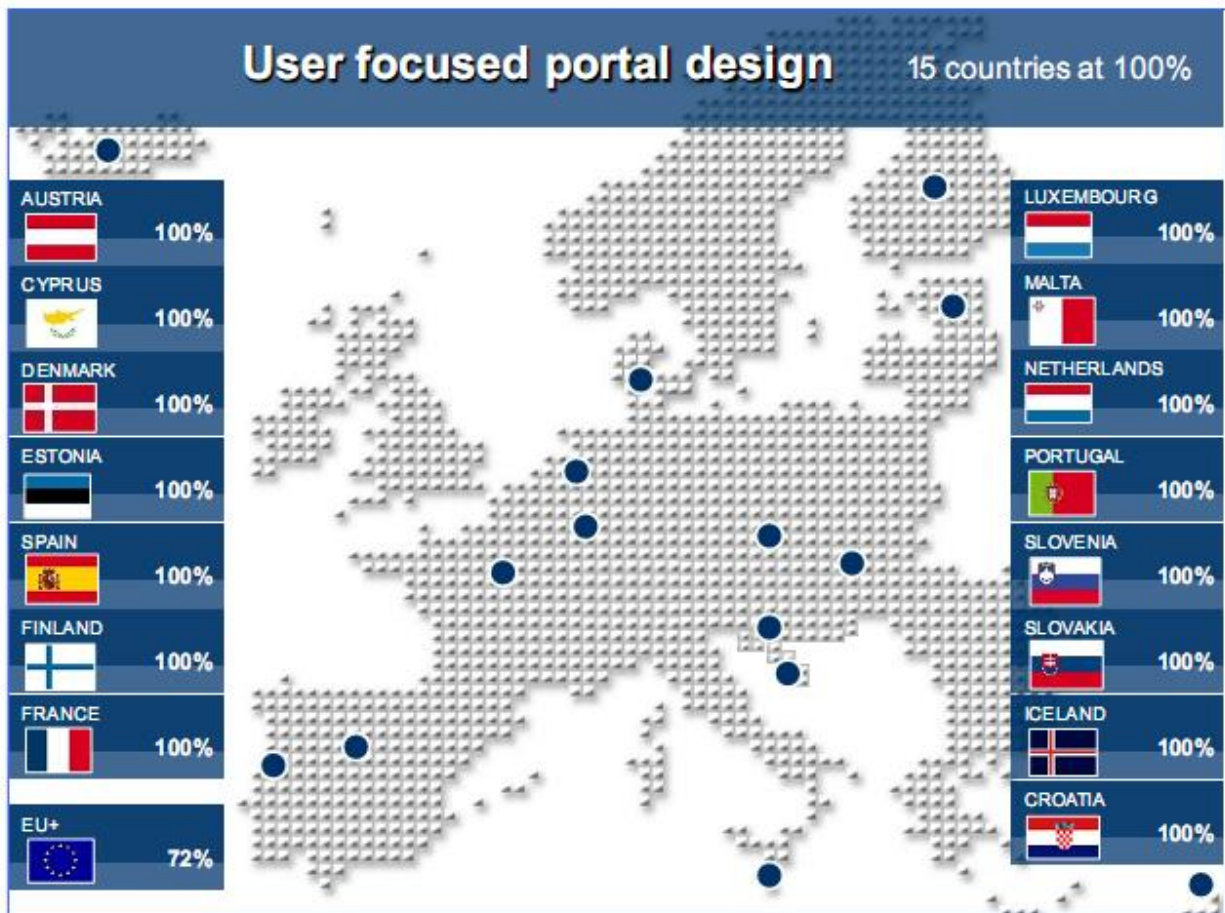
temelji se na komponentama tržišnog, političko-regulatornog i infrastrukturnog okruženja, individualnoj, poslovnoj i spremnosti Vlade, te individualnoj, poslovnoj i uporabi u Vladi. Ukupna ocjena e-spremnosti za Hrvatsku iznosi 3,9 pri čemu su najbolje ocjenjene individualna uporaba (4,4) i individualna spremnost (4,6) a najlošije spremnost Vlade (3,6) i poslovna uporaba (3,0). Obzirom na razdoblje 2007-2009 kada je indeks bio najviši i iznosio 4.1 može se reći da je pad indeksa u posljednje dvije godine indirektno uvjetovan zatvaranjem poglavlja 10. – Informacijsko društvo i mediji (otvoreno 26. lipnja 2007.; zatvoreno 19. prosinca 2008.) u pregovorima s EU čime je vlada interese preusmjerila na drugo područje, a to se je odrazilo na poziciju RH na području e-spremnosti. Na individualnim razinama RH bilježi i porast, ali prvenstveno angažmanom pojedinaca i timova koji koriste iskustva najboljih kao uporišnu točku za napredak što je vidljivo iz primjera niže.

Dobra pozicija i napredak RH na području e-uprave posljednjih su godina utvrđeni i kroz ispitivanje Europske komisije za informaciju i medije⁶⁶ prema kojima se Republika Hrvatska svrstava među prvih 15 u EU obzirom na kriterij orjentiranosti prema korisniku (vidi Slika 5.5) putem web portala koji je pokrenut krajem 2007 i koji se razvija koristeći iskustva Velike Britanije, Singapura, Hong Konga i dr.⁶⁷

⁶⁶ Smarter, Faster, Better eGovernment, 8th benchmark measurement, november 2009, str 8

⁶⁷ [http://www.e-hrvatska.hr/hr/e-Hrvatska/\(view_type\)/documents](http://www.e-hrvatska.hr/hr/e-Hrvatska/(view_type)/documents)

Slika 5.5 Ocjena portala obzirom na dizajn i orijentiranosti prema korisniku

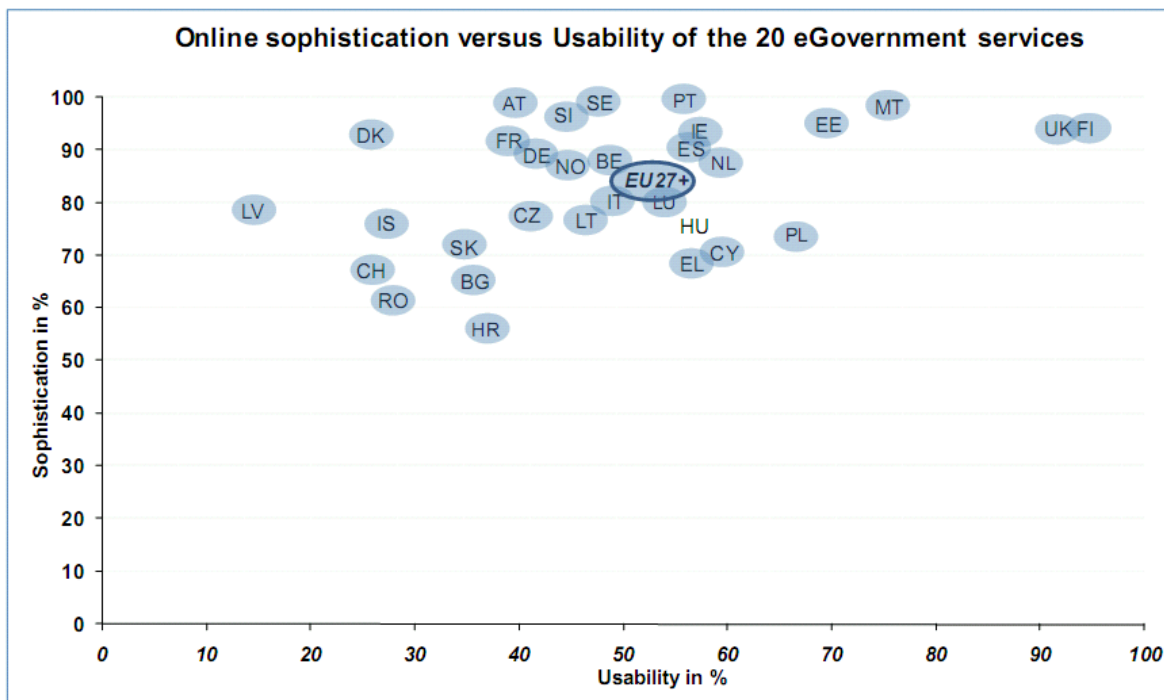


Izvor: Smarter, Faster, Better eGovernment, 8th benchmark measurement, november 2009, str 44.

Međutim, koncentriramo li se na sveukupnu ocjenu ovog istraživanja prema kojem se ocjenjivalo dvadeset online usluga⁶⁸ koje se nude građanima i poslovnim subjektima, zaključak koji se može izvesti je da Republika Hrvatska još uvijek daleko zaostaje za zemljama EU što je vidljivo i iz grafikona niže. Uzrok tome je kasno uključivanje u projekt digitalizacije uprave i samim tim još uvijek nije dostigla stupanj zrelosti (vidi Slika 5.2, str 137). Međutim, uočen je napredak koji je usklađen s politikom i zahtjevima Europske Unije, a potaknut je težnjom Republike Hrvatske za članstvom u EU.

⁶⁸ Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2012. godine, str14.

Slika 5.6. Grafički prikaz online složenosti u odnosu na upotrebljivost obzirom na 20 servisa eUprave.



Izvor: Smarter, Faster, Better eGovernment, 8th benchmark measurement, november 2009, str 42.

Obzirom na stanje u zatečeno 2009 kad je tek usvojen dokument *Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2012* zaključuje se da je pozicija RH daleko povoljnija budući da se započelo s digitalizacijom u E-zdravstvu, pa je to ujedno bila i najlošije ocijenjena eUsluga.

Pokazatelji pružanja eUsluga na razini države postoje i oni su dani u mnoštvu dokumenata, međutim, pružanje digitalnih usluga na lokalnoj razini nije ocjenjivano niti obuhvaćeno ovim i drugim mjerenjima stoga je težište ove doktorske disertacije dano upravo na taj segment koristeći metodologiju koja je korištena i za ocjenu na državnoj razini s malim modifikacijama, budući da svih 20 servisa ocjenjivanih na državnoj razini ove studije ne pokriva i lokalna uprava.

5.1.7. E- UPRAVA NA LOKALNOJ RAZINI

Svjedoci smo velikih promjena koje se događaju na razini države, jer nas u cilju promicanja e-uprave, svakodnevno bombardiraju vijestima i reklamama o projektu e-zdravstvo koji se je počeo realizirati u okviru e-Hrvatske, putem elektroničkih zdravstvenih kartica za obavezno i dodatno osiguranje. Sve te promjene trebale bi nam kao građanima olakšati svakodnevni život, ali osjetit ćemo ih tek tada kada se sve počne odvijati i prakticirati i na lokalnoj razini. U ovom istraživanju u centru interesa se nalazi gradska uprava i koliko se promjena uvedena na državnoj razini reflektirala na funkcioniranje gradskih uprava i stanovništva RH. U okviru državne strategije o elektroničkoj upravi ne postoji niti jedan strateški dokument koji definira smjernice za razvoj e-uprave na lokalnoj razini. Nije definirano niti da li bi se trebali preuzeti obrasci državne e-uprave i na taj način digitalizirati upravu na lokalnoj razini. Iz tog razloga za provođenje ovog istraživanja formirana je anketa na temelju znanja prikupljenih iz literature i same *Strategije razvoja elektroničke uprave RH u razdoblju od 2009-2012.g.* kako bi se dobili potrebni podaci u kojoj se fazi i na kojem stupnju digitalizacije se nalazi pojedina gradska uprava.

Ono što je poznato je da se informatizacija gradova u RH provodi već dugi niz godina. Paralelno s informatizacijom provodi se i sustavno prebacivanje dokumenata u digitalni oblik kao i uvođenje sofisticiranih programskih rješenja za obavljanje pojedinih administrativnih poslova. Formiranje integriranog sustava poslovnih aplikacija s jedinstvenom bazom podataka ubrzalo bi administrativne procese, a i omogućila bi se veća transparentnost prema građanima. U skladu s tim posljednjih se godina pojavljuju novi modeli za pružanje usluga građanima čime bi se omogućilo da odjeli u okvirima gradske uprave ne budu više izravni pružatelji usluga već se cjelokupna struktura uprave transformira u transparentnu mrežu informacija i procesa koja je lako dostupna širokom broju građana.

Uspostavljanje jednog ovakvog integriranog informacijskog sustava koji bi građanima i poduzećima pružao cijeli niz usluga u bilo koje vrijeme predstavlja tehnološki i konceptualno zahtjevan proces. Čimbenici koji su uključeni u ostvarivanje ovog procesa su⁶⁹:

⁶⁹ Cvelić, J ; Strategija održivog razvoja informacijsko komunikacijskih tehnologija u gradskoj upravi, http://www.fer.hr/_download/repository/Cvelic_Kvalifikacijski_doktorski_v3.pdf

- **Jasan cilj** – definirati cilj koji se želi postići digitalizacijom gradske uprave, a to je pružanje široke palete u sluga i informacija građanima na zahtjev od 0-24h
- **Transformacija uprave** – ovaj čimbenik je vrlo bitan, jer je prije same digitalizacije uprave potrebno provesti određene promjene u samoj strukturi uprave. Javlja se težnja za povećanjem koordinacije i stvaranje procesa razmjene informacija među odjelima. Kako bi se to ostvarilo potreban preduvjet je utvrditi područje rada svakog odjela te jasno rasporediti aktivnosti unutar samog odjela.
- **Upravljanje ljudskim resursima** – ovaj je čimbenik vezan za prethodni, jer iako se govori kako je javni sektor ograničen ljudskim resursima i neprestano se zapošljavaju novi kadrovi, ključ rješenja leži u kvalitetnoj preraspodjeli posla i stručnom usavršavanju već postojećih kadrova. U ovom se segmentu i u trenutačnoj situaciji javlja potreba za IT stručnjacima radi samog procesa migracije klasične u e-upravu. Ovom se problemu doskočilo javno-privatnom partnerstvu koji već godinama egzistira u zemljama EU, jer trenutačnoj situaciji za kvalitetnim i brzim postizanjem cilja to je moguće samo uz kvalitetno balansiranje rada djelatnika gradske uprave i projekata vanjskih poslovnih suradnika. Idealna bi situacija bila kada bi u stvaranju inteligentnog grada sudjelovali i sami građani što oni u konačnici na jedan pasivan način već i čine.
- **Donositelji odluka** – ovu skupinu čimbenika čine gradsko poglavarstvo i gradonačelnik. Oni su odabrani od strane građana i kao njihovi predstavnici imaju dužnost da donose i provode zakonske i strateške odluke kao i brigu o financiranju projekata te isplativosti gradskih ulaganja, što je moguće samo uz savjetovanje sa stručnjacima iz određenih područja.
- **Građani** – Građani su razlog svakoj aktivnosti unutar gradske uprave, pa tako i samom razvoju ICT sustava. Gradovi su na konferenciji u Portu 2003. godine, usvojili Europsku povelju prava građana u društvu znanja (*European Charter of Rights of Citizens in the Knowledge Society, Porto, 2003*) kojom se pokušalo postaviti temelje e-pravu građana koje bi obuhvatilo:

- pravo na pristup – pravo na Internet i pravo na garanciju sigurnosti i privatnosti osobnih podataka putem on-line javnih usluga
- pravo na obrazovanje i usavršavanje – pravo na edukaciju za učinkovito korištenje usluga i informacija putem ICT i pravo na cjeloživotno e-učenje
- pravo na on-line informaciju javne uprave
- pravo na on-line participaciju – pravo sudjelovanja u procesima odlučivanja i savjetovanja putem ICT-a.

Sukladno ovoj povelji, informatizacija gradske uprave ima za cilj brže i bolje pružanje usluga građanima kao i ostvarivanje bolje komunikacije s njima. Ovaj čimbenik u ostvarivanju cilja je ujedno i najteži korak u ostvarivanju tranzicije klasične uprave u e-upravu, jer nailazi na niz prepreka. Te se prepreke u praksi pokušavaju izbjeći različitim metodama približavanja građanima, poput razvoja portala koji uključuju aktivnost građana, besplatno savladavanje osnova IT-a, promidžbe putem medija, pružanje usluga povoljne telekomunikacijske infrastrukture i sl.

5.1.8 PREDNOSTI SUVREMENE LOKALNE E-UPRAVE

Razvoju informacijskog društva uvelike pridonosi i lokalna uprava, jer je ona u usporedbi sa središnjom vlasti bliže građanima. U većini slučajeva upravo susret s web portalom lokalne uprave predstavlja prvi korak koji korisnik napravi prilikom traženja odgovarajuće usluge ili informacije koje mu javna uprava može dati.

Prednosti e-uprave implementirane na lokalnoj razini:

- MIJENJANJE I UNAPRIJEĐIVANJE JAVNIH USLUGA – čineći ih bržima, isplativijima i efikasnijima. Usluge postaju dostupnije osobama s invaliditetom. Pojednostavljuje se integracija sa servisima drugih tijela javne uprave. Unaprjeđuje se interakcija između javnih služba i građana.

- UNAPRIJEĐIVANJE LOKALNE DEMOKRACIJE – omogućava smanjivanje administrativnih barijera između gradskih uprava i građana. Odluke postaju transparentnije i stvara se temelje za rast povjerenja građana. Kontrolu nad radom lokalne uprave mogu vršiti izravno građani jer imaju pravovremeni uvid u njihov rad . Gradskim vijećnicima olakšava predstavničku, izvršnu i nadzornu ulogu.
- PROMICANJE LOKALNOG EKONOMSKOG RAZVOJA - razvijaju se suvremene komunikacijske infrastrukture, javlja se potreba za visoko stručnom radnom snagom koja će biti podrška lokalnoj e-upravi. Potreba za visokostručnim kadrovima potiče zapošljavanje .

Kao posljedica implementacije e-uprave upravljanje takvim sustavom (e-upravljanje) mogu se nabrojati višestruke prednosti od kojih se može istaknuti nekoliko⁷⁰:

- Povećavanje učinkovitosti upravljanja gradskom upravom. Unaprjeđuju se poslovni procesi gradske uprave, poboljšava se sustav financijskog upravljanja i kontrole, unaprjeđuje se operativna učinkovitost, ubrzava se i pojednostavljuje razmjena informacija...
- Poboljšava se kvaliteta usluga javne uprave. Samo poboljšanje razine usluge javne uprave je bio primarni razlog implementacije ICT u javnoj upravi, a kroz vrijeme postalo glavni nositelj reformi.
- ICT omogućava uštede i nadzor troškova uz povećanje vrijednosti usluga poput zdravstva, školstva, socijalne skrbi,
- Kroz angažman građana, javna uprava može poboljšati cjelokupno povjerenje i odnos između građana i javne uprave. Činjenica je da poboljšanje razmjene informacija i poticanje aktivnog sudjelovanja građana predstavlja e-upravu kao vrijedan alat za izgradnju povjerenja između javne uprave i građana.
- Kvalitetnije upravljanje će promovirati efikasniju ekonomsku politiku, jer će kroz povećanu poslovnu produktivnost imati neizravne učinke na smanjenje fiskalnih nameta i

⁷⁰ The national strategy for local e-government UK:
<http://www.communities.gov.uk/documents/localgovernment/pdf/1155312.pdf>

samim time šire utjecati na gospodarstvo.

Činjenica je da sama realizacija lokalne e-uprave predstavlja kompromis između cijelog niza ciljeva poput učinkovitosti i otvorenosti ili odgovornosti i uslužnosti prema krajnjem korisniku. Međutim takvi ustupci su neophodni da bi se postigla pouzdana, efikasna i sigurna javna e-uprava čiji su temeljni ciljevi dani niže.

TEMELJNI CILJEVI LOKALNE E-UPRAVE SU⁷¹:

- **VEĆA POVEZANOST**- povezivanje e-usluge između lokalne, regionalne i državne uprave. Omogućavanje dijeljenja informacija i resursa uz poboljšanu međusobnu komunikaciju među tijelima javne uprave.
- **VEĆA DOSTUPNOST** – mogućnost pristupa e-uslugama mora biti omogućena iz širokog spektra lokacija poput kuće, ureda ili javnih Internet pristupnih točaka bez nepotrebnog gubljenja vremena čekajući u beskonačnim redovima javnih ustanova. Jednake mogućnosti pristupa e-uslugama moraju biti dostupne neovisno o socijalnom status korisnika ili stupnju tjelesne invalidnosti. Vrijeme dostupnost e-usluga mora biti 24 sata bez obzira na uredovno radno vrijeme tijela javne uprave, jer korisnik odabire vrijeme korištenja e-usluge.
- **DIGITALNA INTERAKCIJA** – razmjena formulara između tijela lokalne uprave i korisnika mora biti u digitalnom obliku. Sustav mora omogućiti rješavanje svakodnevnih životnih situacija poput promjene škole, otvaranja tvrtke ili promjene mjesta stanovanja putem digitalnih obrazaca web portala ili kioska uz maksimalno smanjivanje administrativnih prepreka.
- **OTVORENOST I ODGOVORNOST PRI OBNAŠANJU ZADAĆA** - sustav treba olakšati putem svojih komunikacijskih kanala informiranje građana o planovima, prioritetima i tijeku izvršavanja aktualnih zadataka od javnog interesa. Implementiranje javnih online savjetovanja i pružanje podrške gradskim vijećnicima omogućava veće sudjelovanje u odlučivanju.

⁷¹ European Information Society: 2011 – 2015 benchmarking framework; High Level Group,2009

- **KORIŠTENJE USLUGA OD STRANE GRAĐANA** – poticanje građana na usvajanje korištenja elektroničkih usluga gdje god je to moguće, pogotovo ukoliko se smanjuju transakcijski troškovi što opet omogućava uštedu financijski sredstava za potrebitije. Educiranje građana o prednostima korištenja javnih e-usluga je vrlo bitno ukoliko se želi poticati građanstvo na korištenje istih.

➤ *ULOGA INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U RAZVOJU LOKANE UPRAVE.*

ICT predstavlja temelj moderne e-uprave i stoga je nužno da se implementiranje vrši u skladu sa najvišim svjetskim standardima uslijed činjenice da zbog globalizacije prijetnje vrebaju iz cijelog svijeta. Izgradnja tehnološke platforme je prvi korak implementacije e-uprave koji je financijski zahtjevniji od ostalih, ali ujedno najlakši za implementaciju naspram npr. reorganizacije poslovnih procesa. Nažalost, zbog povećane financijske komponente prve faze implementacije nerijetko implementacije e-uprave zapne već u samom startu. Sistematično i vremenski definirano planiranje proračuna IT odjela je važnije od količine uloženi sredstava, jer se sa manje uloženi sredstava može jamčiti održivost razvoja i implementacije e-usluga. Veliki problem u implementaciji lokalne e-uprave nerijetko predstavlja nerazumijevanje rukovodećih kadrova, nedostatak strateške podrške i sudjelovanja u procesu implementacije .

E-uprava uvelike mijenja poslovne procese stoga je nužno imati organizacijsku potporu uprave, dok rukovoditelji pored specijaliziranih ICT savjetnika moraju nužno imati barem osnovno znanje o ICT-u. Rješavanje velikog broja navedeni problema je definiranje proceduralnog okvira koji će pokriti organizacijske, zakonodavne i fiskalne komponente implementacije e-uprave u cilju omogućavanja nesmetanog planiranja, razvoja i implementacije ICT sustava.

Najveći izazov u izgradnji informacijskog društva je stvaranje i povezivanje fiskalnog, zakonodavnog i organizacijskog okvira koji bi podržao razvoj i korištenje e-uprave.

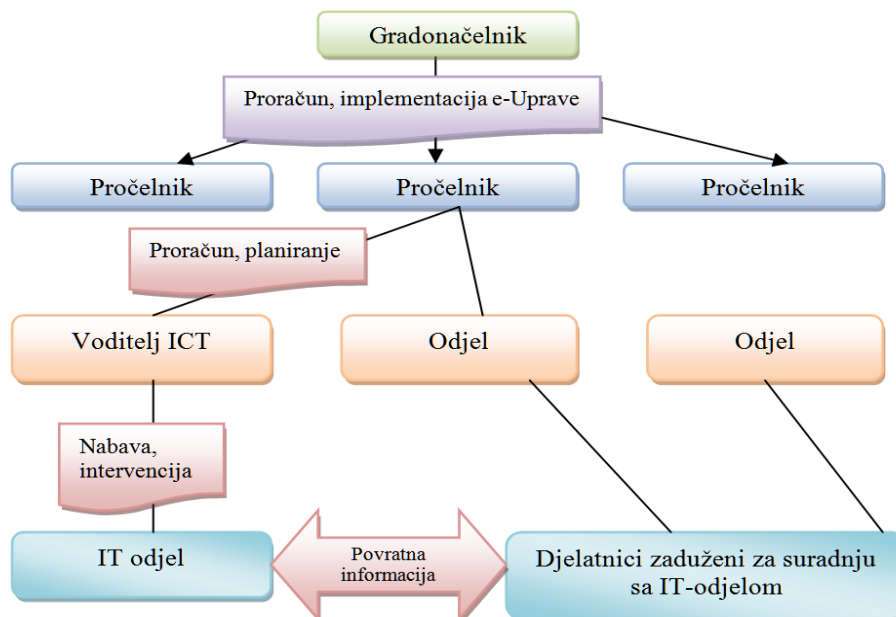
Organizacijski model gradskih uprava određuje se ovisno o veličini samog grada.

Kako ukupnu odgovornost poslovanja gradske uprave snosi gradonačelnik, ona se stoga odnosi i na onaj dio poslovanja koji se odvija posredstvom ICT-ja, međutim, u slučaju da postoje potrebni resursi, odgovornost za ICT projekte trebalo bi delegirati rukovoditelju specijaliziranom za područje ICT-ja. Zbog važnosti njegovih zadaća i mogućnosti utjecanja na poslovne procese njegov status u gradskoj upravi trebao biti u rangu upravitelja odjela.

Formiranje multidisciplinarnе radne skupine unutar gradske uprave zadužene za implementaciju i nadzor provođenja e-uprave neophodno je formirati zbog složenosti i širokog količine poslova koje pokriva gradska uprava, lakšeg praćenja tijekom same implementacije, te dobivanja brže povratne informacije u slučaju poteškoća. Pojam zaštite podataka, njihov integritet i raspoloživost postaju temeljna pitanja pri implementaciji e-uprave.

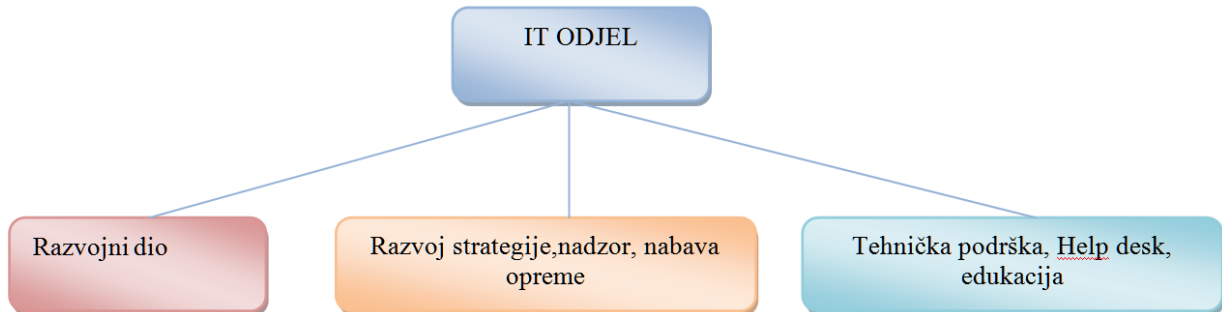
Zaštita podataka zahtijeva implementaciju sveobuhvatnih sigurnosnih mjera koje moraju uključivati organizacijske, fizičke i tehničke aspekte zaštite, uz konstantnu reviziju koja se provodi istovremeno s razvojem e-uprave. Povećanje kompleksnosti sustava i razmjene podataka sa korisnicima i tijelima javne uprave nameće zahtjev za implementiranjem sigurnosne politike.

Shema 5.2 Hijerarhijska pozicija IT odjela u većim gradovima.



Izvor: ICT for Local Government HANDBOOK, Local Government and Public Service Reform Initiative, 2007

Shema 5.3 Moguća struktura odjela informatike.



Izvor: ICT for Local Government HANDBOOK, Local Government and Public Service Reform Initiative, 2007

Sigurnosnu politiku mora kreirati i provoditi stručnjak na području informacijske sigurnosti sukladno zakonskim okvirima i pravilima struke.

Korištenje usluga vanjskih stručnjaka na području sigurnosti u manjim gradovima čak je i poželjno, jer mogu osigurati potrebnu razinu stručnosti u njihovim proračunskim okvirima. Druga mogućnost koja se nameće kao rješenje je da osoba zadužena za IT ne mora nužno biti zaposlena na puno radno vrijeme, već se javlja mogućnost dijeljenja radnog vremena sa drugima lokalnim institucijama (npr. školama).

Ukoliko gradska uprava koristi uslugu vanjske tvrtke za projektiranje, administriranje i održavanje IT infrastrukture, potrebno je naglasiti da kod ovakvog rješenja postoji rizik da ograničena stručnost male lokalne IT tvrtke neće biti dostatna za rješavanje problema implementacije lokalne e-uprave. Voditelj ICT-a trebala bi biti osoba sa vizijom razvoja e-uprave i potrebama samog grada, uz nužnost cjeloživotnog učenja na tom području. Korištenje podrške vanjske tvrtke treba zadovoljavati prethodno spomenute vrijednosti od strane njezinih djelatnika.

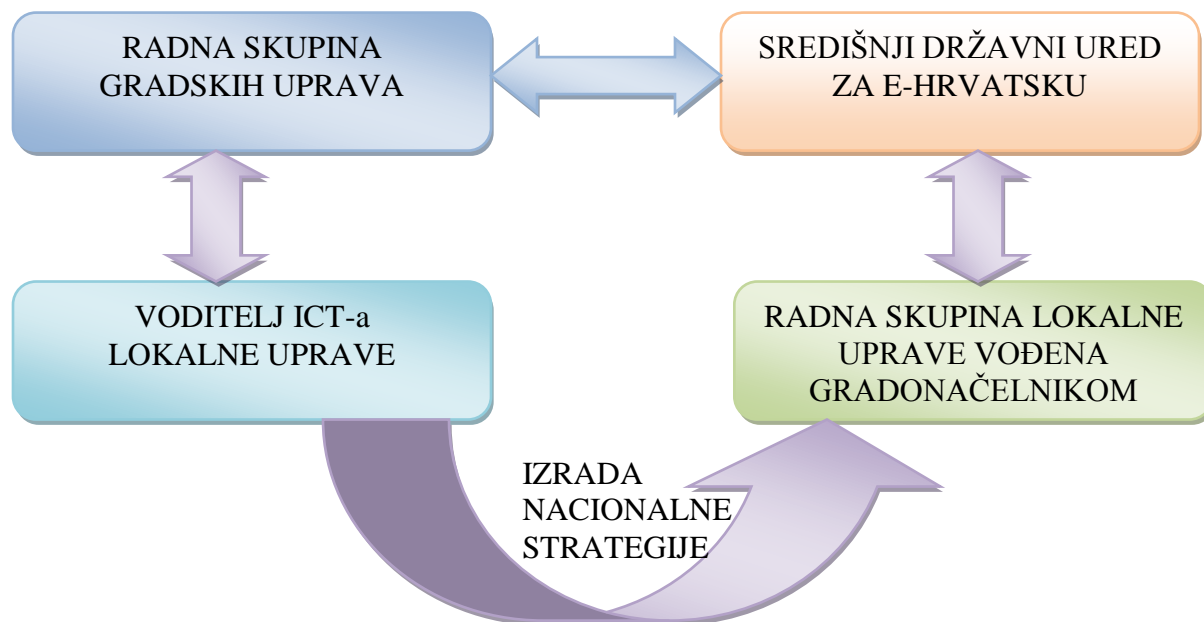
Shema 5.4 Struktura IT odjela u malim gradovima.



Izvor: ICT for Local Government HANDBOOK, Local Government and Public Service Reform Initiative, 2007

Središnji državni ured za e-Hrvatsku treba u svojim dokumentima uzeti u obzir stupanj informatizacije svih tijela lokalne i centralne uprave te razvijati strategije koje će biti usklađene i sa planovima razvoja i trenutnim stanjem e-uprave u gradovima i općinama. Također, javlja se potreba formiranja radne skupine za razvoj e-uprave na lokanoj razini koja će sadržavati predstavnike Središnjeg državnog ureda za e-Hrvatsku, te predstavnike rukovodstva ICT većih i manjih lokalnih uprava. Radna skupina bi imala za cilj usklađivanje stupnja razvoja lokalnih e-uprava, razmjenjivanje iskustva u implementaciji vlastitih rješenja, usmjerivanje na rješavanje zajedničkih problema razvoja ICT-a u gradovima. Ovakav mehanizam rada se u zemljama EU pokazao vrlo dobar za usklađivanje lokalne uprave sa strategijom razvoja e-uprave središnjeg državnog tijela.

Shema 5.5 Model suradnje među tijelima lokalne i državne uprave.

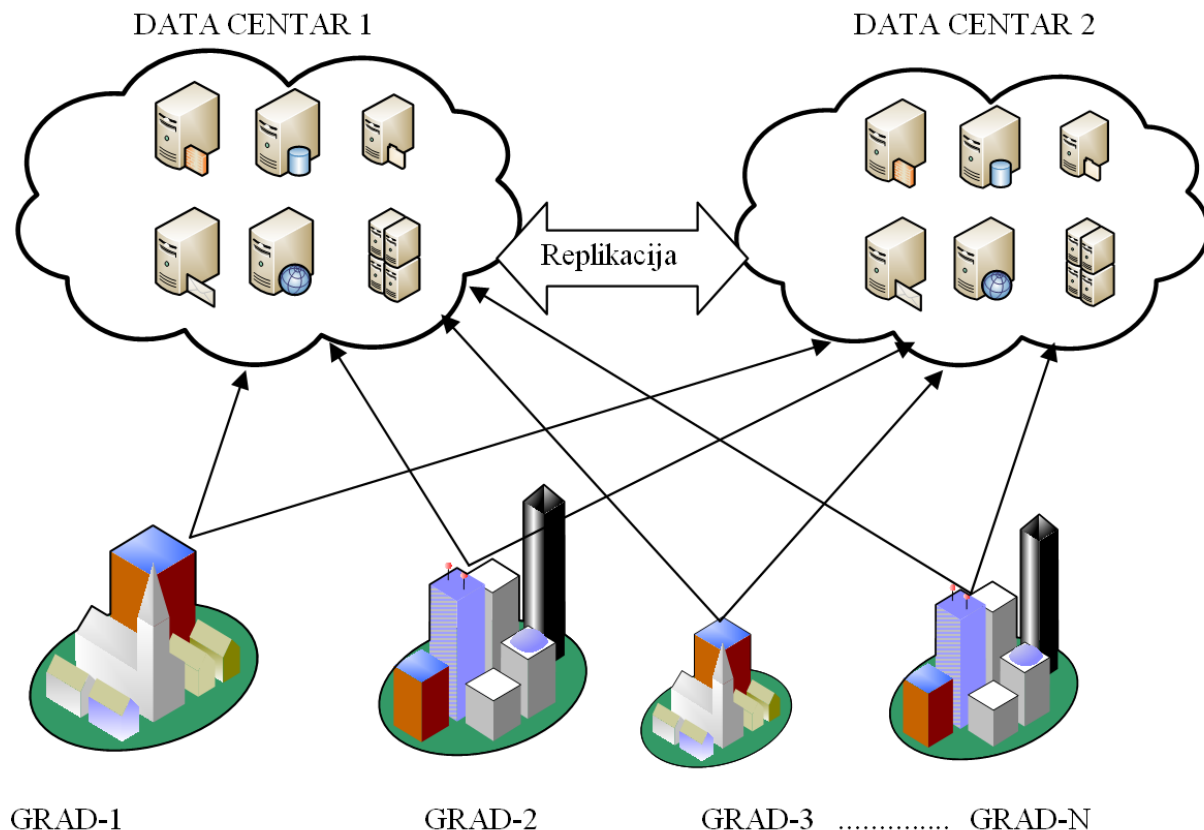


Izvor: ICT for Local Government HANDBOOK, Local Government and Public Service Reform Initiative, 2007

Mali gradovi koji su po veličini ili godišnjem proračunu više nalik općini nerijetko ne mogu samostalno podnijeti teret informatizacije. Jedno od rješenja za takve gradove bilo bi iznajmljivanje resursa računalnih centara velikih gradova uz odgovarajuću financijsku nadoknadu. Takvo rješenje omogućilo bi držanje nivoa usluga velikih gradova uz mogućnost zajedničkog razvijanja rješenja. Alternativno rješenje bilo bi osnivanje tvrtke sa osnivačkim udjelom više gradova za pokrivanje održavanja i razvoja vlastitih ICT potreba. Najkvalitetnije rješenje bila bi izgradnja podatkovnog centra koristeći tzv. Cloud rješenje za pružanje e-usluga malim gradovima i općinama.

Ekonomičnost takve implementacije bi bila vrlo velika uz izjednačavanje razine e-usluga svih gradova uz minimalne potrebe za ljudskim resursima u samim gradskim upravama. Takva implementacija bi financijski opravdala i izgradnju redundantnog računalnog centra koji bi omogućio visoku razinu dostupnosti i raspoloživosti e-usluga.

Slika 5.7 Implementacija računalnog centra putem „Oblak“ rješenja za gradske uprave



Izvor: Izradila autorica

Aktualna implementacija lokalne e-uprave u RH je stihijska i prepuštena na volju gradskim čelnicima. Velika je razlika u razinama e-usluga od grada do grada bez ikakve međusobne koordinacije na tom polju ili prema Središnjem državnom uredu za e-Hrvatsku. Razina e-usluga kojima se ovaj rad bavi nije moguća bez definiranja pravnih, organizacijski i tehničkih okvira razvoja i implementacije e-uprave na lokalnoj razini, stoga je potrebno čim prije formirati radne skupine koje će sadržavati IT stručnjake, predstavnike lokalne i državne uprave te krenuti planski, sistematično i koordinirano u razvoj lokalne i državne e-uprave u RH.

Međutim unatoč lošim iskustvima na koje nailazimo u praksi potrebno je naglasiti angažman pojedinaca na lokalnoj razini te bi se tako mogao istaknuti projekt e-Government bench-learning (benchlearning e-uprave) koji se provodi u sklopu foruma Knowledge Society

(Društvo znanja) mreže gradova Eurocities. Cilj projekta je provesti benchlearning, odnosno steći više znanja o primjeni elektronskih javnih usluga u radu lokalne uprave, učeći na iskustvima članica mreže Eurocities u koju su od hrvatskih gradova uključeni samo Rijeka i Zagreb. Gradovi koji sudjeluju u ovom projektu su: Antwerp, Ghent, Gijon, Glasgow, Leipzig, Manchester, Marseille, Minhen, Oulu, Prag, Sampas, Tallinn, Torino, Beč, Barcelona i Rijeka. Ova inicijativa gradova samo podupire hipotezu da se analiza omeđivanja podataka kao metodologija uklapa u ispitivanje efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava.

5.2 SIGURNOST ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA

Informacijski sustavi državne i lokalne uprave sadrže vrlo velik broj povjerljivih i društveno osjetljivih podataka čiju tajnost i povjerljivost treba zaštititi od bilo kakve zlonamjerne aktivnosti poput izmjene, brisanja ili neovlaštenog pristupa. Prijetnje mogu doći iz interne infrastrukture same lokalne uprave ili sa Interneta.

Iz navedenog je jasno da sigurnost informacijskog sustava mora biti implementirana sistematično obuhvaćajući sve elemente koji mogu predstavljati sigurnosni rizik u poslovnom procesu. Sa jedne strane digitalni servisi e-uprave trebaju omogućiti maksimalnu dostupnost informacija onima koji ih trebaju i koji imaju pravo na njih, a sa druge strane moraju osigurati maksimalnu povjerljivost i integritet informacija. Analiziramo li svjetske trendove vidimo da učestalost napada na informacijske sustave, računalni virusi i cijeli niz drugih malicioznih programa napisanih sa namjerom krađe povjerljivih podataka i lozinki, te needuciranost ljudskih čimbenika predstavljaju vrlo veliki izazov implementaciji sigurnog elektroničkog poslovanja.

5.2.1 INFORMACIJSKA SIGURNOST

Informacijska sigurnost predstavlja mnogo širi pojam od informatičke sigurnosti jer podrazumijeva očuvanje povjerljivosti i privatnosti podataka, te integriteta i raspoloživosti informacijskih sustava svih poslovnih procesa za razliku od informatičke koja se odnosi isključivo na poslovne procese pokrivene informatičkom tehnologijom. Svaki zastoj u poslovanju, neovlašteni pristup, krađa povjerljivih podataka ili gubitak integriteta podataka predstavlja ogromnu štetu za samu ustanovu.

Visoka ovisnost o informacijskoj tehnologiji (programi, mreže računala, baze podataka) za kritične infrastrukturne sustave jedne zemlje te visoki troškovi koji nastaju zbog napada na takve sustave postavljaju hitan zahtjev za uspostavljanje i mjerenje informacijske sigurnosti svake zemlje. Iz tog razloga javne institucije u Republici Hrvatskoj pokušavaju pratiti trendove i smjernice Europske Unije u implementaciji e-uprave. Informatizacija lokalne javne uprave koja nije pod patronatom državne uprave u finalnoj je fazi automatiziranja poslovnih procesa sa ponekom e-uslugom dostupnom na Internetu što je prema standardima Europske unije 10 godina kašnjenja u razvoju⁷².

Pružanje e-usluga na Internetu bez projektiranja, izgradnje i testiranja na sigurnosne rizike u skladu sa aktualnim svjetskim sigurnosnim normama i tehnologijama ne mogu osigurati dostupnost, integritet i sigurnost podataka za koju su izgrađeni .

Komercijalna implementacija elektroničkog poslovanje na Internetu vrlo brzo je iskoristila sve prednosti moderne tehnologije, te istovremeno ispoljila velike slabosti iz perspektive informacijske sigurnosti.

Broj sigurnosnih incidenata prouzrokovanih zlonamjernim programima na Internetu od prvobitno malih i neugodnih narasli su do značajno štetnih po poslovanje organizacija. Treba naglasiti da su gradske uprave podložnije napadima informacijskoj sigurnosti samom automatizacijom poslovnih procesa kakvu je e-uprava Europske unije imala oko 2000. godine a Republika Hrvatska je trenutno u tranzicijskoj fazi⁷³.

⁷²Izvor: Smarter, Faster, Better eGovernment , 8th Benchmark Measurement ,November 2009, European Commission Directorate General for Information Society and Media

⁷³Izvor: Smarter, Faster, Better eGovernment , 8th Benchmark Measurement ,November 2009, European Commission Directorate General for Information Society and Media

Implementacija elektroničkog poslovanja postavlja veliki broj izazova informacijskoj sigurnosti od kojih će se nabrojiti slijedeće:⁷⁴

- zahtjevi elektroničkog poslovanja
- napadi na informacijsku sigurnost
- nedostatak stručnih kadrova informacijske sigurnosti
- pravni okviri i industrijski standardi
- nezrelost tržišta informacijske sigurnosti
- prijenosna računala i bežične mreže

5.2.2 SIGURNOSNA POLITIKA

Već je ranije utvrđeno da su organizacije čije se poslovanje bazira na informacijsko-komunikacijskim tehnologijama podložne širokom spektru sigurnosnih incidenata. Incidenti su uvijek mogući i pomoću njih napadači dobivaju pristup sustavu, poremećuju usluge, onesposobljavaju sustav, brišu ili krađu podatke od velikog značaja, te je stoga nužno razviti sigurnosnu politiku koja će omogućiti dostupnost, integritet i povjerljivost podataka dotične organizacije. Sigurnosna politika mora objediniti skup sigurnosni pravila, procedura i preporuka koje su izrađene na temelju prethodne analize sustava koja će nametnuti obavezno ponašanje svih korisnika sustava⁷⁵.

Sasvim je jasno da sigurnosna politika neće uvijek moći spriječiti zloupotrebu, međutim u slučaju nastalog incidenta dati će smjernice za otkrivanje počinitelja.

⁷⁴ O tome više: Mark Egan, Tim Mathey: *The Executive Guide to Information Security: Threats, Challenges, and Solutions*

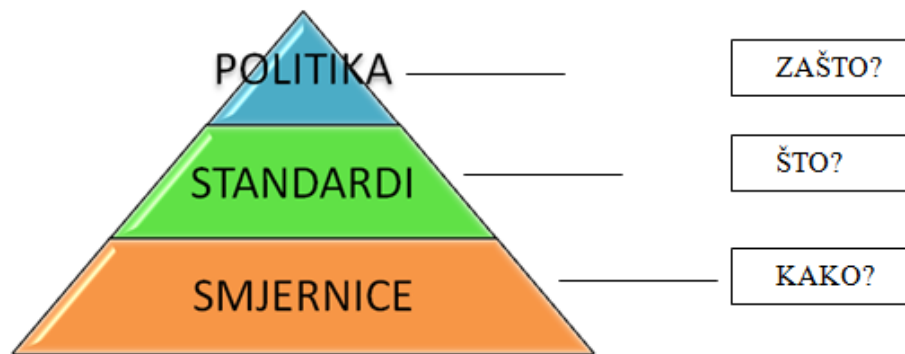
⁷⁵ O tome više u: Wright, C. S. *The IT Regulatory and Standards Compliance Handbook: How to Survive Information Systems Audit and Assessments* Syngress, 2008

Sigurnosnu politiku možemo definirati kao službenu izjavu ili plan organizacije koji obuhvaća ciljeve, smjernice i prihvatljive postupke u cilju osiguranja podataka. Ona uključuje sljedeće zahtjeve ⁷⁶:

- određivanje sigurnosne politike se temelji na unaprijed definiranim standardima i smjernicama.
- potrebno je poštovati pravila definirana sigurnosnom politikom,
- nepoštivanje pravila može rezultirati sankcijama ili kaznama nadležnih institucija,
- potrebno je usredotočiti se na rezultate, a ne na način provedbe sigurnosne politike i

Odnos sigurnosne politike, smjernica i procedura prikazuje Slika 5.8.

Slika 5.8 Piramida implementacije informacijske sigurnosti

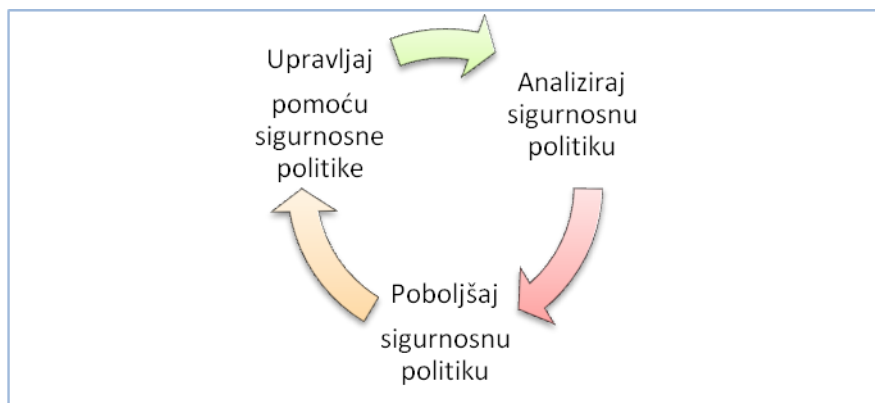


Izvor: www.sans.org (SysAdmin, Audit, Network, Security) Institute

Sigurnosna politika u cilju postizanja maksimalne učinkovitosti mora biti implementirana u skladu sa metodologijama informacijske sigurnosti što zahtijeva definiranje životnog ciklusa sigurnosne politike kao što vidimo na slici 5.8.

⁷⁶ <http://www.cert.hr/sites/default/files/CCERT-PUBDOC-2009-05-265.pdf>

Shema 5.6 Životni ciklus implementacije sigurnosne politike.



Izvor: Broby, W. K.: Information Security Management Metrics: A Definitive Guide to Effective Security Monitoring and Measurement, CISM

Životni ciklus implementacije sigurnosne politike možemo podijeliti u 3 faze⁷⁷:

- Prva faza je sveobuhvatan detaljan pregled trenutnog stanja programa informacijske sigurnosti koji predstavlja temelj procjene sigurnosnog stanja
- Druga faza započinje nakon što je završena osnovna procjena stanja sigurnosti, te se inicira proces poboljšanja i korekcije postojećih rizika koji su otkriveni u sustavu te se razvijaju planovi za njihovo saniranje
- Upravljanje programom sigurnosti je treća faza u tom procesu. Međutim tu postupak ne završava nego iznova započinje, jer se prijetnje informacijskoj sigurnosti mijenjaju na dnevnoj bazi pa je potrebno konstantno reevaluirati stanje i poboljšavati sustav.

Sigurnosnom politikom želimo osigurati tri svojstva informacija koje sadrži neki sustav a to su povjerljivost, integritet i dostupnost.

Povjerljivost predstavlja zaštitu podataka od neovlaštenog pristupa. Povjerljive je podatke na adekvatan način potrebno zaštititi u cilju sprječavanja povrede povjerljivosti uzrokovane nepravilnim rukovanjem podacima ili otkrivanjem podataka poput kopiranja, ispisa, usmenim putem ili nekim drugim načinom. Najčešće prijetnje povjerljivim informacija su maliciozni

⁷⁷ O tome više u: Broby, W. K.: Information Security Management Metrics: A Definitive Guide to Effective Security Monitoring and Measurement, CISM

programi, napadači, lažno predstavljanje, neovlašteno presnimavanje i nenamjerne ljudske pogreške.

Očuvanje integriteta pretpostavlja da su podaci cjeloviti i točni uz mogućnost mijenjanja jedino uz prethodno odobrenje. Jedan od uvjeta očuvanja integriteta podataka je zaštititi podatke od neovlaštenih izmjena, jer se nerijetko mogu dogoditi namjerni ili nenamjerni slučajevi mijenjanja podataka. Očuvanjem integriteta podataka osigurava se točnost i ispravnost istih. (npr. podataka o imovinskom stanju građana, zdravstvenom osiguranju, i sl.). Jednoznačno utvrđivanje identiteta osobe koja pristupa podacima predstavlja temeljni preduvjet osiguranja informacija , stoga je osnovni korak utvrditi identitet korisnika nekom vrstom autentikacije (npr. lozinkama, smart karticama, biometrijskim čitačima, itd.). Sustav mora biti implementiran na način da svede na minimum slučajne izmjene podataka uz mogućnost revizijskog traga(npr. tko je izmijenio podatak i kada).

Kako bi elektroničko poslovanje služilo svojoj namjeni, podaci moraju u svakom trenutku biti na raspolaganju korisniku. Svojstvo sustava koje omogućava ovlaštenim korisnicima raspoloživost podataka kada ih imaju potrebu koristiti nazivamo *dostupnost*. Moderna e-uprava teži dostupnosti svojih podataka 24 sata dnevno 364 dana u godini⁷⁸.

Informacijska sigurnost mora zaštititi informacije kroz cjelokupan životni vijek istih, od početka i stvaranja same informacija pa sve do njihove konačne pohrane. Informacije moraju biti zaštićene, dok su u pokretu i dok miruju. Tijekom svog životnog ciklusa, informacije mogu proći kroz različite podatkovne obrade i kroz različite dijelove sustava za obradu podataka.

⁷⁸ Zhitian Zhou, Congyang Hu: Study on the E-government Security Risk Management, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network 208 Security, VOL.8 No.5, May 2008, str 208

5.2.3 SIGURNOSNE PRIJETNJE INFORMACIJSKIM SUSTAVIMA

Prijetnja sigurnosti nekog informacijskog sustava je svaki događaj koji može ishoditi narušavanjem integriteta, pouzdanosti i dostupnosti podataka.

Postoji nekoliko klasifikacija prijetnji informacijskim sustavima, međutim upitno je da li svaka klasifikacija dovoljno detaljno razmatra sve uvjete i mogućnosti nastanka štete na informacijskom sustavu. Klasifikacija prijetnji je bitna radi pronalaska primjerenih načina zaštite. Prema klasifikaciji NIST-a (National Institute of Standards and Technology) prijetnje informacijskim sustavima se mogu podijeliti na:⁷⁹

1. Greške i kvarove – raspon šteta nastalih greškom ili kvarom može ići od benignih do katastrofalnih. Najčešće su posljedica ljudske greške, međutim mogu se javiti uslijed kvara sklopovlja, aplikacije ili nekog drugog uzroka. Utvrđeno je da 65% ispada sustava se javlja zbog greške ili kvara.
2. Prijevare i krađe – zlonamjerna aktivnost s kojom počinitelj pokušava steći financijsku ili neku prednost. Najveći broj prijevara ili krađa biva počinjen od djelatnika same organizacije.
3. Sabotažu od strane zaposlenika – korisniku koji ima pristup sustavu i zna koji su njegovi najranjiviji dijelovi može vrlo jednostavno kompromitirati rad sustava.
4. Gubitak fizičke i infrastrukturne potpore – najčešće prijetnja koju nije moguće predvidjeti koju prati velika šteta, poput potresa, poplave, požara itd.
5. Hakere (eng. hackers) – nova vrsta prijetnje informacijskog društva nameće kao najopasnija zbog nepredvidivosti i mogućnosti zloupotrebe Interneta i ICT-ja.
6. Maliciozni programi (eng. malware) – korištenje ICT u cilju razvoja zlonamjernih programa putem kojih se narušava sigurnost informacijskog. Najčešći oblici su crvi, virusa, trojanskih konja, bootnetovi i drugih.
7. Prijetnje privatnosti korisnika - krađe osobnih podataka ili krađe digitalnog identiteta predstavljaju čestu prijetnju informacijskim sustavima koji sadrže velik broj osobnih podataka

⁷⁹ Vidi: An Introduction to Computer Security: The NIST Handbook, <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-12/handbook.pdf>

korisnika. Primjeri zloupotreba su krađa broja kreditnih kartica, predstavljanje kao druge osobe na socijalnim mrežama, itd.

U sklopu standarda ISO 27001 postoji odjeljak koji definira ispravne i sigurne načine upravljanja nekim informacijskim sustavom⁸⁰. U sklopu tog standarda prijetnje su podijeljene obzirom na uzroke svog nastanka:

1. Fizička greška – predstavlja sve fizičke prijetnje računalnom sustavu koje su uglavnom nepredvidljive prirode poput potresa, poplava, vremenskih nepogoda, krađe, vandalizma, požara, itd.
2. tehnički uzroci - tehničke greške, kvarovi, komunikacijske greške, različiti oblici zračenja, itd.
3. nenamjerne radnje - neposlušnost, kršenje pravila, upotreba neprimjerenih programa, itd.
4. zlonamjerne radnje - uništavanje, sabotaza, špijunaža, ratna razaranja, prijevara, krađa, zlonamjerni programi, itd.

⁸⁰ Vidi više Sigurjon Thor Arnason, Keith D. Willett: How to Achieve 27001 Certification: An Example of Applied Compliance Management, Auerbach Publications, 2008

5.3 UPRAVLJANJE NEPREKIDNOŠĆU POSLOVANJA I OPORAVKOM NAKON ZASTOJA

Implementiramo li e-upravu, IT infrastruktura postaje sastavni dio poslovnih procesa i neminovno je za očekivati da postoji određena vjerojatnost da u nekom trenutku sustav neće ponašati u skladu sa planiranim zahtjevima. Stoga je potrebno u sklopu projektiranja same usluge predvidjeti rizike i implementirati mehanizme koji će ih spriječiti ili svesti na prihvatljivu razinu.

Upravljanje neprekidnošću poslovanja (Business Continuity) i Oporavkom nakon zastoja (Disaster Recovery) predstavlja izazov za sve institucije čije se poslovanje bazira na informacijskim tehnologijama širom svijeta⁸¹.

Osnovi elementi upravljanja neprekidnošću poslovanja su planiranje kontinuiteta, oporavak nakon incidenta i standardno izrada sigurnosnih kopija i arhiviranje podataka. Isplativost ove kategorije se može vrlo jednostavno izračunati. Dovoljno je postaviti pitanje koliku bi štetu pretrpjela gradska uprava u slučaju da komunalno društvo jedan dan ne može izvršiti naplatu parkirnih mjesta. Zastoj se ne mora nikada dogoditi međutim desi li se cijena koju plaćamo je prevelika.

5.3.1 PLANIRANJE KONTINUITETA POSLOVANJA

Temeljni cilj plana oporavka je opisati na koji način se organizacija mora suočiti s potencijalnim prirodnim ili ljudskim-induciranim katastrofama. Plan oporavka od zastoja ili poremećena djelovanja je dokument koji sadrži smjernice i postupke poslovnog upravljanja koje organizacija treba poduzeti kako bi učinkovito odgovorila i oporavila se od katastrofe koja nepovoljno utječe na informacijske sustave i njihovo poslovanje.

Provođenje unaprijed planiranih koraka omogućit će smanjenje štete uzrokovane zastojem i brži oporavak primarnih funkcija organizacije.

Planiranje kontinuiteta poslovanja i planiranje oporavka od zastoja sastoje se od 5 faza⁸² :

- Analiza rizika
- Izrada strategije i planova za oporavak od nesreće,

⁸¹ Andrew Hiles: The Definitive Handbook of Business Continuity Management, John Wiley and Sons, 2007

⁸² Upravljanje kontinuitetom poslovnih procesa NCERT-PUBDOC-2010-07-307

- Implementacija,
- Testiranje,
- Održavanje i provjera prihvatljivosti rješenja,
- Održavanje sustava.

Temeljni je cilj navedenih koraka omogućiti neprekinuto odvijanje važnih poslovnih procesa i napraviti procjenu utjecaja na poslovne procese organizacije. Smanjivanje rizik od financijskih i drugih gubitaka te ubrzati oporavak od događaja koji je spriječio normalno funkcioniranje ustanove.

Troškovi pripreme za izvanredne situacije nerijetko se čine nepotrebnim rasipanjem financijskih sredstava sve dok ne dođe do incidenta, a tada je definitivno već prekasno.

Isplativost investicije je prividno vrlo mala međutim iskustvo i praksa potvrđuju da su takve investicije neprocjenjive kada do incidenta dođe.

Zastoj možemo definirati kao bilo koji događaj koji remeti normalno odvijanje poslovnih procesa (nestanak električne energije, elementarne nepogode, požar, eksplozije i sl.).

5.3.2 OPORAVAK NAKON INCIDENTA

U sklopu plana oporavka od ispada ili incidenta gdje je precizno i detaljno navedeno koje korake treba dosljedno poduzeti u kojem trenutku prije, tijekom i nakon ispada ili incidenta treba biti uključena lokacija sekundarnog podatkovnog centra koji će preuzeti obradu u slučaju da je primarni podatkovni centar uništen ili oštećen.

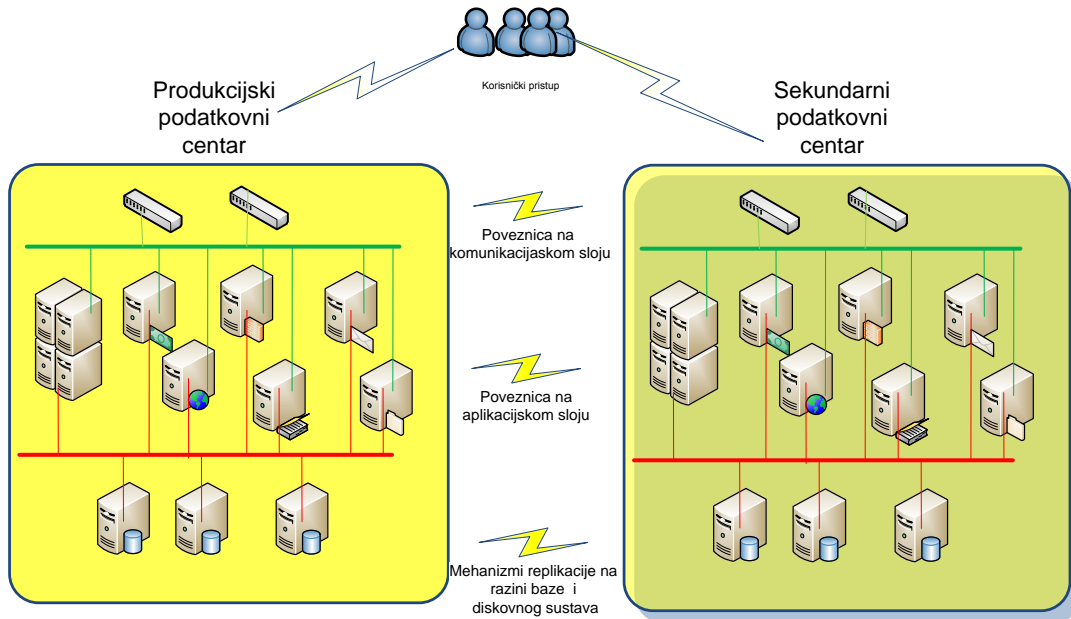
Varijante koje možemo uzeti u obzir za sekundarni podatkovni centar su takozvani Hot Site, Warm site i cold site te sporazum o međusobnoj pomoći.

Hot Site predstavlja najkvalitetnije rješenje kada razmatramo sekundarni računalni centar. Riječ je o krajnje funkcionalno računalnom centru koji se nalazi na sekundarnoj lokaciji i koji predstavlja kopiju primarnog⁸³. U cilju konsolidiranja troškova i povećanja kvalitete e-usluga gradskih uprava najbolje bi bilo kad bi se napravio računalni centar svih institucija u vlasništvu

⁸³ Klaus Schmidt; High Availability and Disaster Recovery: Concepts, Design, Implementation,, Springer, 2010.

grada poput komunalnih društava i ustanova za koje bi postojao jedinstveni Hot Site budući da predstavljaju elemente od životnog interesa za svaki grad.

Shema 5.7 Shema implementacije Hot- site-a



Izvor: Izradio autor

Warm site (toplo mjesto) - je podatkovni centar koji je već opremljen s hardverom koji sadrži sigurnosnu kopiju podataka koji se nalaze u podatkovnom centru.

Međutim prije nego što se može početi koristiti potrebno je sa najnovijih sigurnosnih kopija ažurirati sve podatke i aplikacije prije nego što oporavak može početi.

Cold Site (hladno mjesto) - Hladno mjesto za oporavak je lokacija koja se može osposobiti za dan ili dva. Uglavnom sadrži samo najnužnije elemente.

Zadnja varijanta je sporazum o međusobnoj pomoći gdje organizacija koja ima donekle slične poslovne procese i resurse daje na korištenje prvobitnog organizacija svoje resurse u slučaju havarije. Definitivno kvalitetnije rješenje bi bilo kada bi dvije ili više srodnih organizacija upogonile financijski svoje „vruće mjesto“.

5.3.3 IZRADA SIGURNOSNIH KOPIJA I ARHIVIRANJE PODATAKA

Gubitak podataka bez obzira da li se dogodio na kućnom računalu ili na suvremenom sustavu bankarske institucije može biti jednostavno neprocjenjiv. Teško je uvijek procijeniti koliki je financijski gubitak, međutim, svima je jasno da podaci koji su se unosili u računalo godinama, a izgubljeni su u trenutku za većinu može predstavljati vrlo frustrirajuću situaciju. Gubitak podataka je neprocjenjiv, bilo da je riječ o doktorskoj disertaciji na kućnom računalu, obiteljskim fotografijama, ili o višegodišnjem unosu podataka neke institucije čije poslovanje ovisi o tim podacima.

Gubitak podataka je uvijek moguć stoga je nužno za bilo koju ozbiljnu implementaciju e-uprave osigurati rezervne kopije bitnih podataka.

6. ANALIZA ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA GRADSKIH UPRAVA

Obzirom na temelje i značajke elektroničkog poslovanja izloženih u prethodnom poglavlju u ovom će se poglavlju na tim osnovama graditi i analiza elektroničkog poslovanja gradskih uprava u RH. Podaci koji su bili potrebni za analizu omeđivanja podataka i analitički hijerarhijski proces priklupljeni su anketnim upitnikom, jer nisu evidentirani niti u jednoj bazi podataka budući daje strategija za razvoj e-uprave usvojena tek 2009 godine. Temelj koji je poslužio kao uporište za formiranje anketnog upitnika je prethodno spomenuti dokument *Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009 do 2012 godine* te sigurnosni standardi koji moraju procijeniti rizik svake komponente sustava koja sudjeluje u procesu poslovanja (vidi prilog 1).

Nakon što je formiran, anketni upitnik je putem Udruge gradova poslan na elektroničke adrese svih 127 gradova RH od čega je najprije odgovorilo njih 20-ak, a dodatnim se angažmanom taj broj popeo na broj od 41-og grada, što iznosi zavidan postotak, odnosno, 32%. Od velikih gradova (gradovi s više od 35 000 stanovnika) na anketni su odgovorili svi gradovi.

Namjera ovog rada je uočiti različitosti u implementaciji e-usluga gradskih uprava i današnjih smjernica i trendova koji se koriste u EU te uz pomoć DEA i AHP metode međusobno ih usporediti i rangirati. Druga je namjera analizirati postojeću infrastrukturu i njezinu usklađenost sa suvremenim standardima informacijskih tehnologija u svrhu mogućnosti pružanja e-usluga kakve europske smjernice predlažu. Zbog postupka pridruživanja Republike Hrvatske u EU potrebno je bilo ispitati i stupanj informacijske sigurnosti u tijelima javne uprave kao i primjene zakonskih regulativa na tom području. Osvrnemo li se na odaziv na anketni upitnik pojedinih gradova, može se zaključiti koliko ti gradovi elektroničku vrstu komunikacije uopće smatraju službenim kanalom za komuniciranje u gradskoj upravi.

6.1 ANALIZA INFORMACIJSKOG SUSTAVA GRADSKIH UPRAVA

Informacijski sustav gradskih uprava analiziran je anketnim upitnikom kroz 5 područja bitnih za funkcioniranje elektroničkog poslovanja. To su redom računalna i komunikacijska infrastruktura, informacijska sigurnost, ljudski potencijali, podatkovno-informacijsko i dokumentacijska osnovica, te dostupnost elektroničkih usluga.

Pitanjima s područja računalno-komunikacijske infrastrukture ustanovljeno je koliko pojedina gradska uprava ima servera i kolika im je starost, koliko ima radnih stanica, koji se operativni sustav koristi na većini računala, postoji li izrada sigurnosnih kopija važnih podataka na dnevnoj razini, dobivena je karakterizacija sustava obzirom na broj kvarova godišnje, te tehnologija pristupa internetu.

Obzirom na područje sigurnosti ustanovljeno je da li gradska uprava posjeduje certifikat ISO 27001, postoji li sigurnosna politika pristupa službenim dokumentima te sustav za nadzor i prevenciju Internet sadržajima, koriste li se napredne metode autentikacije i sl.

Treće područje koje je pokriveno anketom je područje ljudskih potencijala putem kojeg su se dobili odgovori na pitanja o postojanju helpdeska za korisnike IT sustava, edukacije građana i IT kadra, dobivena je informacija o broju djelatnika IT službe te koriste li se usluge vanjskih tvrtki za podršku i administriranje IT sustava.

Četvrtim područjem, podatkovno informacijskom i dokumentacijskom osnovicom, dobiveni su podaci o tome kolika je pokrivenost specijaliziranim aplikacijama obzirom na poslovna područja (aplikacije za računovodstvo, javna nabava, upravljanje imovinom i dr), postoji li mogućnost revizorskog traga prilikom neovlaštene izmjene podataka, postoje li dokumenti posvećeni razvoju e-uprave, te ocjena stupnja zrelosti sustava COBIT modelom.

Peto i posljednje područje obuhvatilo je pitanja kojima se je dobilo odgovore o dostupnosti elektroničkih usluga web portala, mogućnosti e-sudjelovanja, te ocjena stupnja razvijenosti web servisa pojedine gradske uprave.

Uvidom u ispunjene ankete utvrđeno je da je najviše odgovora dobiveno iz gradova Primorsko-goranske županije, potom Istarske, a zatim slijede veći gradovi iz kontinentalne Hrvatske, dok je najmanji odaziv bio iz gradova Južne Hrvatske iz koje su se odazvali samo oni veći koji su ujedno i centri županija.

Analizom dobivenih podataka je vidljivo da čak 15% anketiranih gradskih uprava nema dnevnu izradu sigurnosnih kopija podataka i dokumenata od velike važnosti što predstavlja ogroman rizik za gubitak podataka (vidi graf 6.1). Nerijetko takve uprave nemaju implementiran nikakav mehanizam izrade sigurnosnih kopija i arhiviranja bitnih podataka u elektroničkom obliku. Takav stav, nerijetko, u slučaju kvara, pada napona ili zaraze računalnim virusom može rezultirati ponovnim unosom podataka koji je prikupljan u periodu od nekoliko godina što rezultira velikim nezadovoljstvom zaposlenih, nepotrebnim gubljenjem vremena te gubitkom financijskih sredstava i otežanim pružanjem korisničkih usluga građanstvu.

Graf 6.1 Dnevna izrada sigurnosnih kopija



Izvor: Izradio autor

Analiza je također pokazala da određeni broj gradskih uprava obuhvaćen u našem uzorku nema širokopojasni pristup internetu, iako je Vlada Republike Hrvatske još 2006. godine donijela strategiju širokopojasnog pristupa internetu u RH kao jedan od temelja za ostvarivanje društva znanja i priključivanja RH razvijenim zemljama Europe.

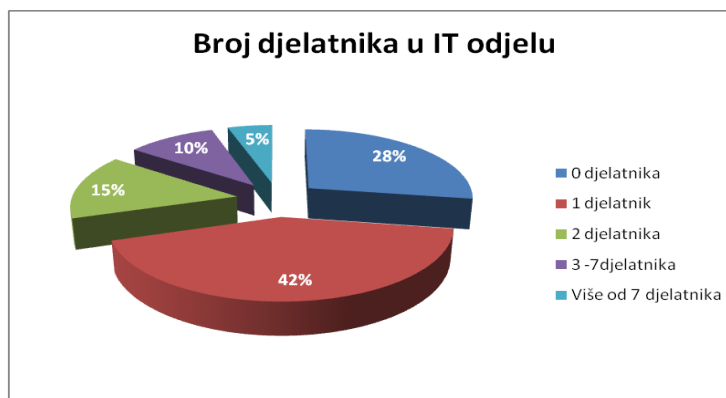
U dijelu ankete koja je obuhvatila segment ljudskih potencijala čak 28% gradskih uprava nema djelatnika zaduženog za održavanje ICT infrastrukture već se koriste isključivo uslugama vanjskih tvrtki (vidi graf 6.2).

Tablica 6.1 Broj djelatnika u IT službi po gradovima

Broj djelatnika u IT-u	%
0 djelatnika	28%
1 djelatnik	43%
2 djelatnika	15%
3 -7 djelatnika	10%
Više od 7 djelatnika	5%

Izvor: Izradio autor

Graf 6.2 Grafički prikaz broja djelatnika IT odjela

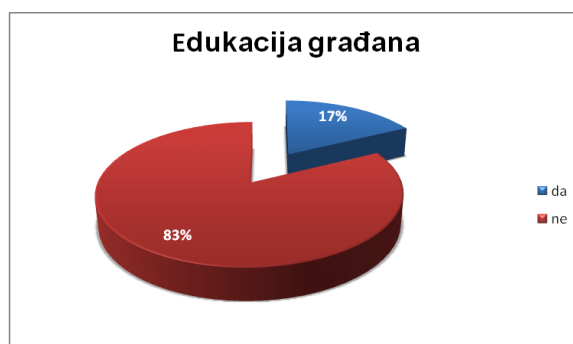


Izvor: izradio autor

Kao jedan od mogućih uzroka ovakvog stanja je gradski proračun manjih gradova i nedostatan poznavanje i razumijevanje informacijskih tehnologija od strane uprave. Nadalje, samo 10 % gradskih uprava teži certificiranju svojih djelatnika koji rade u IT sektoru industrijskim certifikatima koji im daju potrebna znanja koja su u skladu sa trendovima struke u svijetu. Razlog tome je što u slučaju certificiranja, zaposleniku se otvaraju velike mogućnosti na tržištu rada, a ulaganje za takvu vrstu certificiranja je za prilike u RH vrlo

visoko. Još je jedan razlog tome, a to je nemotiviranost kadrova u javnim ustanovama budući da im se takav oblik educiranja ne odražava na prihode, a zahtjeva veliku količinu energije i vremena za učenje van radnog vremena. Bitno je također naglasiti da 18% (vidi graf 6.3) gradskih uprava na neki način ulaže i u edukaciju građana i time pokazuje svjesnost da se elektroničko poslovanje većim dijelom provodi i radi građanstva te da u protivnom ne postoji opravdanost za jednu takvu investiciju ukoliko se ne pokaže osjetljivost za promicanje i poticanje svjesnosti građana za prednosti korištenja servisa kako ICT tehnologije tako i korištenja e-usluga gradskih uprava. Iz jedne perspektive, ulaganje u znanje građana na području ICT tehnologije, pomaže tim građanima na tržištu rada.

Graf 6.3 Grafički prikaz postotka investiranja u edukaciju građana



Izvor: izradio autor

Segment ankete koji se bavi podatkovno/informacijskom i dokumentacijskom osnovicom pokazuje da su gradske uprave najkvalitetnije osposobljene aplikativnim rješenjima za praćenje poslovnih procesa. Od gradova obuhvaćenih dobivenim uzorkom, 18% gradskih uprava ima područja obuhvaćena anketom pokrivena aplikativnim rješenjima. Svega 8% je pokriveno sa najviše 3 aplikativna rješenja i takvi se gradovi nalaze u manjini. Najveći postotak, odnosno 25% gradova ima aplikacijski pokriveno 75% internog poslovanja odgovarajućim aplikativnim programima (odnosno 6 od 8 mogućih rješenja).

Tablica 6.2 Tablični prikaz pokrivenosti programskim rješenjima

Pokrivenost rješenjima	Aplikativnim Postotak
8 rješenja 100%	18%
7 rješenja 88%	13%
6 rješenja 75%	25%
5 rješenja 63%	15%
4 rješenja 50%	20%
3 rješenja 38%	8%

Izvor: izradio autor

Graf 6.4 prikazuje podatke iz tablice 6.2

Graf 6.4 Grafički prikaz postotka pokrivenosti aplikativnim rješenjima informacijsko dokumentacijske osnovice



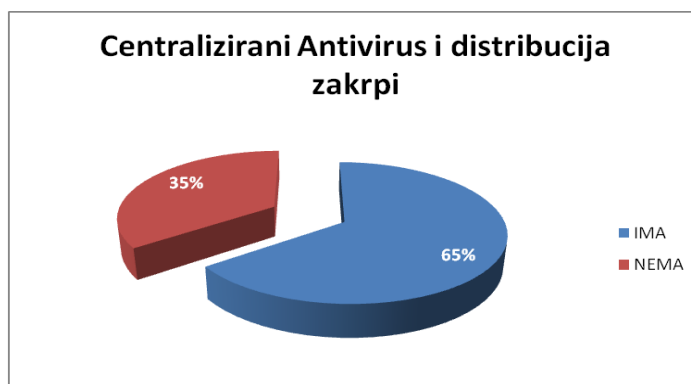
Izvor: izradio autor

Također je vrlo važno napomenuti da 57 % gradova izdvaja posebno proračunska sredstva za razvoj eUprave, dok 38% njih ujedno ima i strateške dokumente posvećene strateškom razvoju eUprave. Ovaj podatak nam govori da se financijski ulaže u razvoj eUprave, međutim postotak o jasno definiranim dokumentima koji definiraju što se tim financijskim sredstvima

želi postići (38%) je vrlo mali. Potrebno je isto tako napomenuti da od svih anketiranih gradova, čak i oni koji imaju 100% pokriveno poslovanje aplikativnim rješenjima, nemaju implementirane odgovarajuće mehanizme održavanja, korištenja i unaprjeđivanja samog programskog koda. Promotre li se dobiveni podaci o zrelosti upravljanja informacijskim sustavom može se reći da je 43% anketiranih politiku upravljanja IT sustavom definiralo kao proaktivnu, 18% je upravljanje IT sustavom definiralo kao kaotično, dok je 25% upravljanje definiralo kao reaktivno tj. kao princip „gašenja vatre“ (nakon incidenta se poduzimaju potrebne mjere). Nažalost, upravljanu i mjerenu politiku nema niti jedna gradska uprava, dok 15 % ima definiranu, ali ne i najbolje prilagođenu poslovanju. Iz navedenih podataka jasno je vidljivo da će bez volje, želje i edukacije upravljačke strukture gradske uprave, implementacija e-uprave biti stihijska čemu u prilog ide i činjenica da je strategija e-uprave usvojena tek u 2009 godini.

Informacijska sigurnost četvrti je temelj moderne, e-uprave koja je dostupna 24 sata na dan 365 dana u godini i koja odolijeva svim sigurnosnim rizicima. Efektivno, sva područja navedena u anketnom upitniku prožeta su elementima informacijske sigurnosti budući da je njezina primarna zadaća osigurati kontinuitet poslovnih procesa uz smanjenje rizika koji mogu utjecati na te procese, a njihov sastavni dio se prostire kroz preostala četiri temelja elektroničkog poslovanja. Obzirom na provedeni anketni upitnik uzorak od 40% gradskih uprava nema precizno utvrđena prava i uloge za rad s informacijskim sustavom. Nažalost, čak 73 % gradskih uprava nema definiranu politiku pristupa službenim dokumentima tj. vrlo je teško utvrditi odgovornosti u slučaju da dođe do namjernog ili slučajnog gubitka ili neovlaštene izmjene podataka. Obzirom na svjetske trendove najbolja zaštita od napada računalnih virusa je redovito ažuriranje zakrpi i ažuriranje antivirusnog alata na čemu je palo 35% gradskih uprava (vidi graf 6. 5). Navedeni propusti predstavljaju velike sigurnosne rizike kontinuitetu elektroničkog poslovanja koji mogu dovesti do zastoja u pružanju usluga što će u konačnici rezultirati financijskim gubitkom i gubitkom povjerenja korisnika.

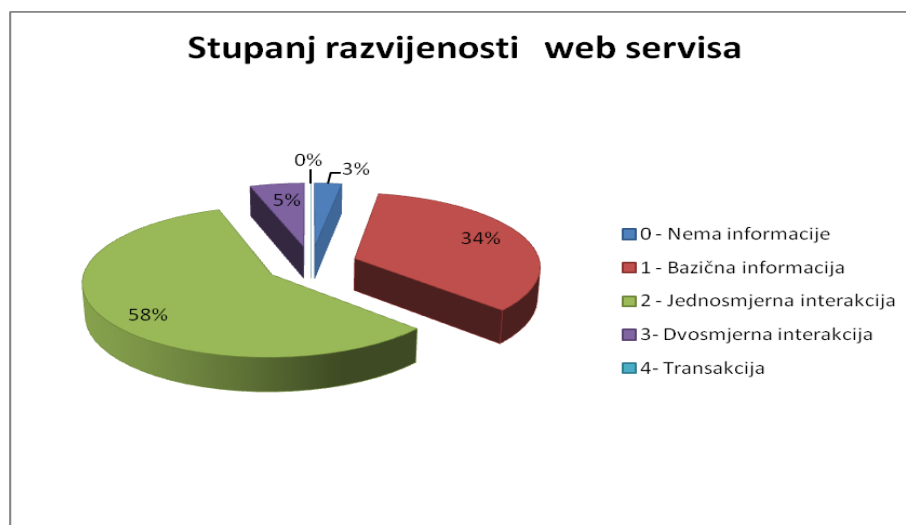
Graf 6.5 Grafički prikaz centraliziranog antivirusnog sustava i distribuiranja zakrpi



Izvor: Na temelju podataka iz ankete izradio autor

U segmentu dostupnosti elektroničkih usluga može se reći da sve anketirane gradske uprave imaju web stranice. Tri posto gradskih uprava ima samo zadovoljenu nužnu formu, 33% njih na stranicama ima samo osnovne informacije o uslugama koje nudi gradska uprava, dok 55% ima mogućnost prihvata praznih formulara s mogućnošću ispisa na pisaču dok tek 5% gradskih uprava nudi mogućnost interaktivnog ispunjavanja formulara uz autentikaciju građana (vidi graf 6.6). Pratimo li trendove i standarde koje propisuje EU, zaključuje se da takav nivo pružanja usluga i kategorija nije uspjela postići niti jedna gradska uprava, a to je kompletna usluga na web portalu kroz popunjavanje formulara, autentikaciju, plaćanje i isporuku potvrda putem weba.

Graf 6.6 grafički prikaz razvijenosti web servisa



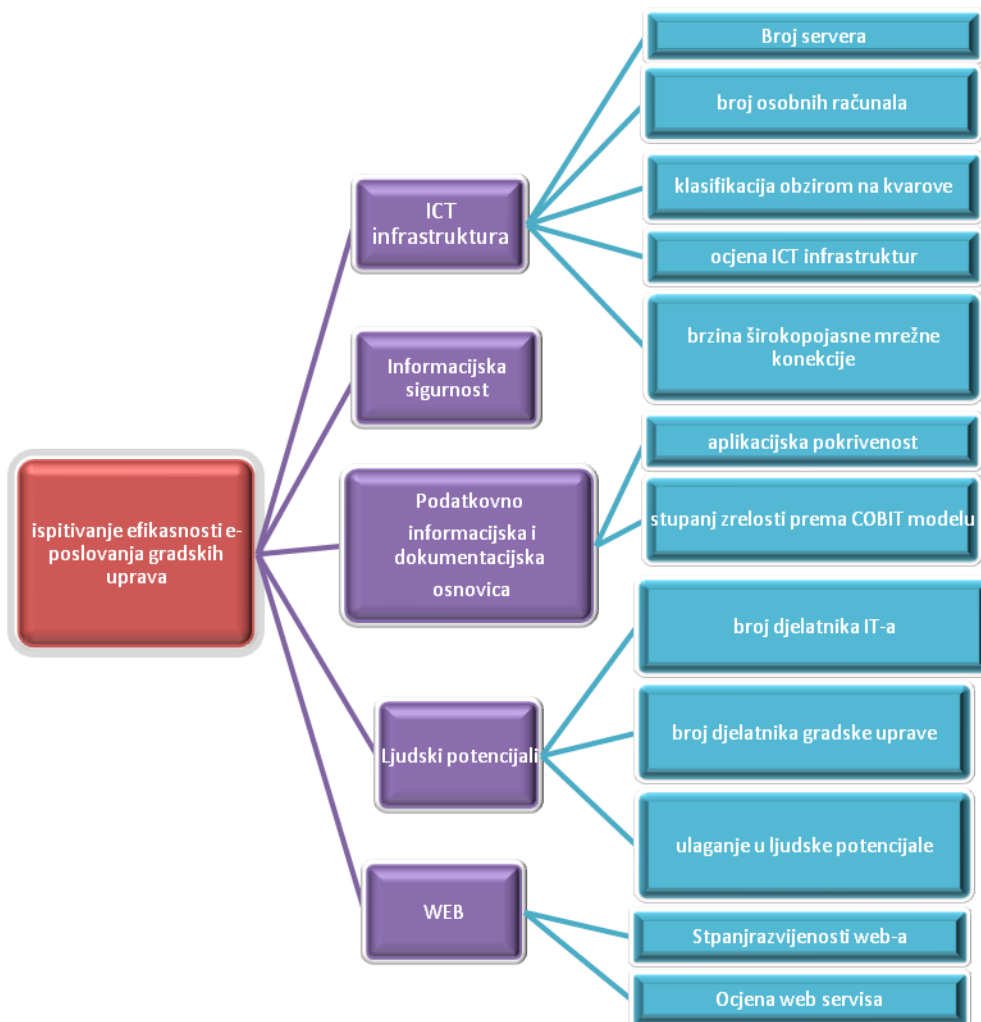
Izvor: na temelju prikupljenih podataka izradio autor

Analizirani podaci predstavljaju samo dio podataka prikupljenih anketnim upitnikom. Izdvojeni su oni ključni koji prema mišljenju stručnjaka kao i odgovarajuće literature utječu na efikasnost elektroničkog poslovanja.

6.2 FORMIRANJE HIJERARHIJSKE STRUKTURE

Kako bi se što bolje analizirao promatrani problem uz pomoć analitičkog hijerarhijskog procesa, potrebno je formirati hijerarhijsku strukturu koja ujedno olakšava uvid u cjelokupnu problematiku. Dakle, na vrhu hijerarhije se nalazi cilj koji smo zacrtali, a na dnu alternative, odnosno, gradovi koje treba rangirati obzirom na dobivene preferencije. Između ta dva kraja nalaze se kriteriji i podkriteriji u nekoliko razina. Hijerarhijska struktura je izrađena na temelju formiranog anketnog upitnika i služi kako bi omogućila pregledan uvid u podatke kao i to koji podaci će se uzeti u daljnju analizu omeđivanja podataka, a koji će biti izbačeni iz nje. Osnovna hijerarhijska struktura problema koji će se u poglavlju 7 analizirati izgleda kao na slici 6.1 niže.

Slika 6.1 Prikaz hijerarhijske strukture ispitivanja efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava



Izvor: izradio autor

6.2.1 ODREĐIVANJE CILJA

Elektroničko poslovanje predstavlja vrlo kompleksan proces pa je mjerenje uspješnosti njegove implementacije vrlo teško, budući da ovisi o mnoštvu faktora koji moraju biti zadovoljeni. Provedenom anketom pokušalo se je u što većoj mjeri obuhvatiti sve segmente elektroničkog poslovanja i prikazati pravo stanje, a ujedno pomoći u prikazu što realističnijeg modela prilikom analiza koje slijede.

Cilj koji postavljen kao glavni prilikom analize uz pomoć analitičkog hijerarhijskog procesa je *rangirati anketirane gradske uprave u RH obzirom na efikasnost elektroničkog poslovanja*, obzirom na sve odabrane kriterije koji će u tu analizu ući.

Osnovno stablo hijerarhije na vrhu hijerarhije ima definiran cilj i pet osnovnih kriterija. Svi kriteriji biti će na temelju ankete transformirani u niz potkriterija kojima će se potom dodijeliti težine obzirom na proučenu literaturu, ali i savijete stručnjaka s područja IT-a.

6.2.2 FORMIRANJE KRITERIJA I PODKRITERIJA

Određivanje kriterija i podkriterija jedan je od važnijih koraka u analitičkom hijerarhijskom procesu, jer oni, pored dodjeljivanja težina i prioriteta, predstavljaju jedan od ključnih faktora koji određuju da li će provedena analiza biti dobro provedena ili ne. U ovoj analizi pet je osnovnih kriterija na osnovu kojih će se graditi ostatak hijerarhijske strukture, a to su redom:

- računalna i komunikacijska infrastruktura,
- informacijska sigurnost,
- ljudski potencijali,
- podatkovno/informacijsko i dokumentacijska osnovica te
- dostupnost elektroničkih usluga.

Osvrnemo li se na prvi kriterij računalne i komunikacijske infrastukture, radi se o prvom temelju elektroničkog poslovanja i podijelili smo ga na dva podkriterija, a to su računalna infrastuktura i komunikacijska infrastruktura od kojih se svaki opet hijerarhijski dijeli na potkriterije. Osnovni preduvjet provedbe e-uprave u svim tijelima lokalne vlasti je stvoriti jedinstvenu razinu pouzdanosti, tehnološke suvremenosti i operativne učinkovitosti implementirane infrastukture. Iz navedenih razloga oba su kriterija vrlo važna, jer bez kvalitetno implementirane infrastrukture ne može se kvalitetno implementirati niti elektroničko poslovanje.

Potkriteriji koji su uzeti u obzir u ICT infrastrukturi su:

- broj računala
- broj servera
- klasifikacija sustava obzirom na broj kvarova
- ocjena ICT infrastrukture
- brzina širokopojasne mrežne konekcije

Drugi osnovni kriterij koji je dodan uz 4 temelja elektroničkog poslovanja je informacijska sigurnost. Informacijska sigurnost samim povećanjem značaja informacijske tehnologije i rastućom ovisnošću o njoj postaje vrlo važnim segmentom u poslovanju e Uprave.

Svi djelatnici i korisnici servisa eUprave trebali bi posjedovati odgovarajući stupanj informacijskih vještina i znanja u cilju što boljeg korištenja informacijske tehnologije. Ovaj osnovni kriterij i temelj elektroničkog poslovanja Ljudski potencijali dijeli se na 3 potkriterija, a to su redom:

- Broj djelatnika gradske uprave
- Broj djelatnika u IT
- Ulaganje u ljudske potencijale

Osnova za rad gradske uprave su podaci i informacije koje djelatnici, ali i korisnici sustava svakodnevno upotrebljavaju. Osim što se koriste podaci i informacije se obrađuju, razmjenjuju i skladište te se pri tome mora voditi računa da se osigura njihova pouzdanost, sigurnost, povjerljivost i transparentnost, a sve to u cilju zaštite građana i gospodarskih subjekata koji te usluge koriste, ali i djelatnika koji te iste usluge pružaju. Ovim se osnovnim kriterijem ima za cilj utvrditi da li su svi poslovni procesi automatizirani kao i to da li se automatizacija kroz elektroničko poslovanje vrši u skladu s najboljim standardima u praksi. Podatkovno/informacijska i dokumentacijska osnovica podijeljena je u sljedeće potkriterije:

- Aplikacijska pokrivenost
- Udio u gradskom proračunu za IT (naknadno izbačen jer većina jedinica nije odgovorila na zahtjev o iznosu koji se izdvaja za IT)
- Stupanj zrelosti prema COBIT modelu

Javne informacije i servisi gradske uprave trebaju biti dostupne građanima i poslovnim subjektima putem što je više moguće komunikacijskih kanala, a u cilju kvalitetne usluge koja bi bila dostupna 24 sata, iz bilo koje lokacije i bilo kojoj skupini građana neovisno o dobu, nacionalnosti, stupnju obrazovanja ili bilo kojoj drugoj posebnosti. Iz tog je razloga osnovni kriterij dostupnost elektroničkih usluga analiziran (kasnije skraćeno nazvan WEB) kroz sljedeće podkriterije:

- Stupanj razvijenosti web servisa
- Ocjena web servisa

Za sve navedene kriterije i podkriterije u fazi analize će se dodijeliti težine na temelju mišljenje stručnjaka s područja ICT-a kako bi metoda bila što manje podložna subjektivnoj procjeni autora rada.

6.2.3 ODREĐIVANJE ALTERNATIVA

Određivanja alternativa u analitičkom hijerarhijskom procesu može, a i ne mora biti unaprijed znano. Ukoliko se rješava neki problem manje kompleksnosti, tada je broj alternativa poznat unaprijed i ne treba ih se naknadno odrediti. Ukoliko se, kao u promatranom slučaju, radi o anketnom prikupljanju podataka alternative će predstavljati sve one jedinice koje će odgovoriti na anketni upitnik. U ovom slučaju se radi o 41 gradskoj upravi Republike Hrvatske. Radi tajnosti dobivenih podataka neće se navesti o kojih se 41 grad radi, već će ih se označiti proizvoljnim odabirom slova i brojki.

Gradovi koji su ispunili anketni upitnik pokazali su također i određenu razinu svjesnosti o tome koliko je interakcija na razini elektroničke komunikacije bitna. Također je bitno napomenuti da su kasnijim kontaktiranjem osobe koje su ispunjavale anketu, morale tu anketu ispuniti još jednom, jer je došlo do nesporazuma u komunikaciji i ta anketa nikada nije stigla na odredište radi loše organizacije unutar komunikacijske strukture što je opet dokaz o lošem strukturiranju poslovanja .

6.2.4 ODREĐIVANJE TEŽINA I LOKALNIH PRIORITETA KRITERIJA I ALTERNATIVA

Određivanje težina kriterija u analitičkom hijerarhijskom procesu predstavlja ključan proces prilikom analize, jer znatno utječe na objektivnost same metode. Da bi se osigurala barem djelomična objektivnost prilikom ovog procesa je konzultirano nekoliko stručnjaka iz područja IT-a, te se je na temelju njihovog znanja i iskustva formiralo težine za pojedini kriterij. Što se tiče prioriteta alternativa, oni su dobiveni usporedbama u paru i to na temelju konkretnih podataka iz anketnog upitnika. Na temelju ovako određenih težina i prioriteta uz pomoć Expert choice- a izračunat je globalni prioritet za svaku pojedinu alternativu da bi se potom na temelju njih one potom i rangirale.

6.3 IZRADA DEA MODELA ZA OCJENU RELATIVNE EFIKASNOSTI E-POSLOVANJA

U literaturi se mogu naći mnogobrojni primjeri koji svjedoče o rapidnom razvoju AOMP u teorijskom i konceptualnom razvoju, ali i o njezinim brojnim primjenama. Golani i Roll napisali su prvi rad koji je objedinio dotadašnje iskustvo u sistematičnu proceduru za primjenu. Ta procedura se može koristiti kao opća smjernica za korištenje upravo radi širokog spektra područja u kojem se AOMP može koristiti. Na temelj prethodno spomenutog rada Bossofiane, Dyson i Thanassoulis istakli su smjernice na koji se način DEA može koristiti za upravljanje poslovanjem. Martić u svom radu ističe četiri osnovne faze za ispitivanje efikasnosti uz pomoć analize omeđivanja podataka, a to su :

- Definiranje i odabir jedinica čiju relativnu efikasnost treba odrediti
- Određivanje inputa i outputa koji su relevantni i pogodni za procjenu relativne efikasnosti jedinica uzetih u razmatranje

- Odabir adekvatnog DEA modela
- Rješavanje, analiza i interpretacija rezultata dobivenih analizom omeđivanja podataka

Svaka od navedenih faza sastoji se od nekoliko koraka koji su u nastavku objašnjeni i primijenjeni.

6.3.1 ODABIR JEDINICA

Već je ranije rečeno da AOMP predstavlja metodu za ocjenu relativne efikasnosti istovrsnih jedinica koje su međusobno usporedive, a koja ima za cilj poboljšati njihov radni učinak. Pritom se razlike učinkovitosti tih jedinica ne isključuju, ali se pretpostavlja da su one mjerljive. Međutim, potrebno je naglasiti da se čak i prilikom poslovanja u jednakim uvjetima mogu uočiti razlike u njihovom upravljanju.

Homogenu grupu jedinica čine:

- jedinice koje obavljaju iste zadatke sa sličnim ciljevima
- sve jedinice rade pod istom grupom tržišnih uvjeta (što je vrlo bitno za analizu neprofitnih jedinica kao što su to škole, bolnice, sudovi,...)
- ulazni i izlazni faktori koji karakteriziraju sve jedinice u grupi su isti, ali se razlikuju u intenzitetima

Jedinice gradske uprave čine dobro odabranu grupu jedinica za analizu upravo iz razloga jer odgovaraju na sva tri zahtjeva koju homogena grupa jedinica mora imati.

Prilikom odabira jedinica koje će biti uključene u analizu potrebno je razmotriti veličinu uzorka, odnosno broja jedinica koje će se uspoređivati.

U literaturi se kao čest problem navodi povećanja broja jedinica i to najčešće iz sljedećih razloga:

- veća populacija znači i veću vjerojatnost da su obuhvaćene jedinice viših radnih učinaka koje određuju granicu efikasnosti
- veći uzorak jedinica omogućava točniju identifikaciju relacije između ulaza i izlaza u grupi
- sa povećanjem broja jedinica moguće je uključiti i veći broj faktora tj. inputa i outputa u analizu (Bossofiante, Dyson i Thanassoulis naglašavaju da je potrebno da broj jedinica bude *najmanje* duplo veći od sume inputa i outputa).

Međutim, velik broj jedinica smanjuje homogenost grupe povećavajući mogućnost da rezultati budu pod utjecajem egzogenih faktora koji nisu prioritetni.

Kako bi određena jedinica bila uključena u analizu potrebno je ispuniti sljedeće uvjete:

- da postoje podaci o svim ulaznim i izlaznim podacima
- prikupljeni podaci se odnose na isti vremenski period za svaku jedinicu
- poželjno je da vremenski period koji se promatra bude prirodan.

Navedeni zahtjevi su problemu koji se opisuje u ovoj doktorskoj disertaciji također ispunjeni, iz jednostavnog razloga, jer se u analizu uzimaju gradske uprave u Republici Hrvatskoj koje su obuhvaćene anketom i podaci koji su dobiveni odgovaraju jednakom vremenskom periodu tj. radi se o rasponu od mjesec dana.

Iz svega navedenog, može se zaključiti da ispitivanje efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava predstavlja problem koji se savršeno uklapa u zahtjeve postavljene DEA modelom obzirom na jedinice koje su uzete u analizu.

6.3.2 ODABIR INPUTA I OUTPUTA

Prilikom odabira inputa i outputa neizostavno je konzultirati se sa ljudima koji rade u jedinicama koje se ocjenjuju kako bi se identificirali najvažniji ulazi i izlazi. Poželjno je da početna lista ulaznih i izlaznih vrijednosti bude što šira, odnosno u analizu je potrebno uključiti sve važne ulaze (resursi) kao i sve važne izlaze (proizvodi i usluge). Neki faktori su kvantitativne prirode tj. odmah su dostupni dok su drugi kvalitativni s različitim stupnjem poteškoća prilikom njihovog pretvaranja u numeričke vrijednosti. Svi faktori koji ulaze u analizu moraju biti razvrstani na ulazne i izlazne na osnovu njihove prirode ili obzirom na smjer utjecaja na efikasnost. Velik broj faktora predstavlja kamen spoticanja, jer s jedne strane pridonosi razjašnjavanju većini razlika jedinica koje se analiziraju, dok s druge strane velik broj ulaznih i izlaznih podataka u odnosu na broj promatranih jedinica može smanjiti učinkovitost same metode. To se događa jer se ocjenjivane JO pomiču prema granici efikasnosti što u konačnici rezultira većim brojem efikasnih jedinica. Iz tog se razloga preporuča odabir ograničenog broja pomno odabranih ulaza i izlaza.

Kao sljedeći korak prirodno se nameće reduciranje početne liste inputa i outputa. Golany i Roll predlažu tri koraka za redukciju:

- 1.korak: na osnovi mišljenja stručnjaka iz područja poslovanja promatranih jedinica
- 2.korak: kvantitativnim analizama koje se ne temelje na AOMP
- 3.korak: analizom početnih rezultata dobivenih AOMP

Uvažavajući mišljenje stručnjaka s područja IT-a odabrana su tri outputa i osam inputa za mjerenje efikasnosti elektroničkog poslovanja. To su redom stupanj razvijenosti web servisa, klasifikacija obzirom na broj kvarova, ocjena stupnja zrelosti upravljanja prema COBIT modelu koji predstavljaju outpute te ICT infrastruktura, Stupanj ulaganja u ljudske resurse, sigurnost, broj djelatnika gradske uprave, broj radnih stanica, broj servera, aplikacijsko- dokumentacijska pokrivenost aplikacijama, brzina pristupa sadržajima na Internetu koji su uzeti kao inputi u modelu. Iako je na temelju dobivenih podataka putem ankete bilo mogućnosti za veći broj ulaznih podataka, njihov je broj ograničen obzirom na četrdeset i jednu jedinicu koja je uzeta u analizu.

6.3.3 POSTAVLJANJE OGRANIČENJA TEŽINA

U modelima AOMP težine su nepoznanice koje se izračunavaju radi određivanja rezultata efikasnosti. Težine se izračunaju na način da maksimiziraju rezultat efikasnosti za svaku jedinicu. Ukoliko se donekle želi utjecati na rezultate efikasnosti, potrebno je postaviti ograničenja na težine. Ograničenje težina treba oprezno koristiti jer se njima može utjecati na objektivnost metode. Težine govore o važnosti koja se dodjeljuje pojedinim inputima i outputima pa se njihovim ograničavanjem omogućuje razlikovanje njihovih važnosti. Pitanje postavljanja ograničenja na težine pitanje je o kojem se vodi akademska rasprava pa se tako javljaju oni koji smatraju da se postavljanjem ograničenja gubi na objektivnosti metode AOMP, jer se dozvoljavaju subjektivne procjene u određivanju vrijednosti težina, dok je suprotno mišljenje da su ograničenja neophodna kako bi se izbjeglo ocjenjivanje relativne efikasnosti na temelju nekog marginalnog inputa ili outputa.

Ograničenja na težine u ovom radu nisu postavljena, jer su odabrani inputi outputi koji su važni u ispitivanju efikasnosti elektroničnog poslovanja i zato je odabran upravo pristup u kojem će sama metoda omeđivanja podataka te težine maksimizirati za svaki odabrani input, odnosno, output. Drugi razlog je taj što je metododa kombinirana s AHP metodom u kojoj su težine postavljene upravo na temelju mišljenja stručnjaka s područja IT-a pa je interesantno vidjeti na koji će način one utjecati na dobivena rješenja i rangiranje alternativa.

6.3.4 POSTAVLJANJE KATEGORIJSKIH VARIJABLI

Kategorijske su varijable spominjane već ranije u tekstu. Naime, česti su slučajevi u praksi kada određeni inputi i outputi odražavaju prisustvo ili nedostatak neke karakteristike⁸⁴ koja jedinice koje međusobno uspoređujemo stavlja u različit položaj. Kako bi se izbjeglo da te karakteristike utječu na konačan ishod efikasnosti, jedinice se dijele u kategorije unutar kojih su međusobno usporedive. Cilj je u svakom slučaju jedinicama osigurati promatranje u jednakim uvjetima poslovanja. U slučaju gradskih uprava taj bi se slučaj mogao promatrati za udio iz proračuna koji

⁸⁴ npr. u našem slučaju postojanje ili nepostojanje digitalnog potpisa za dokumente ili ne.

se izdvaja za IT ili broja zaposlenika pojedine gradske uprave koji je determiniran veličinom grada i brojem njegovih stanovnika. U svakom slučaju početni rezultati kao i odabir inputa i outputa pokazat će da li će biti potrebno kategorizirati varijable u slučaju ispitivanja efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava. Budući da podaci kojima bi se mogla provesti kategorizacija nisu bili dostupni za sve gradove, odustalo se je od analize uvođenjem kategorijskih varijabli. Naknadno je razmotrena opcija za kategorizaciju analize obzirom na veličinu grada, ali teško je bilo ustanoviti da li je veličina grada prednost ili nedostatak (jer obzirom na složenost sustava e-uprave ona bi predstavljala nedostatak, dok bi na proračunska sredstva koja se izdvajaju za IT to bila prednost), pa se je od kategorizacije odustalo.

7. INTERPRETACIJA DOBIVENIH REZULTATA

Već je ranije rečeno da će se u analizu uzeti u obzir podaci prikupljeni anketnim upitnikom na koji su odgovarale osobe iz IT odjela gradskih uprava ili u slučaju da u okviru gradske uprave ne postoji takav odjel, tada je anketa proslijeđena osobi koja je zadužena za informacijsku infrastrukturu ili tvrtci koja je zadužena za održavanje IT sustava gradske uprave. Na upitnik je odgovoreno od strane 41 gradske uprave. Na početku provedena je analiza analizom omeđivanja podataka, a potom su jedinice analizirane i analitičkim hijerarhijskim procesom.

7.1 OCJENA I INTERPRETACIJA DOBIVENIH REZULTATA

Analizom omeđivanja podataka krenulo se u analizu s 8 inputa i 3 outputa. Inicijalni rezultati analize BCC i CCR modelom pokazali su da su inputi i outputi pozitivno korelirani što znači da su dobro odabrani. Prvi input, ICT infrastruktura, je input koji je visoko koreliran sa tri inputa (brojem računala, brojem djelatnika i stupnjem ulaganja u ljudske resurse) i jednim outputom (pouzdanost sustava), što bi značilo da bi se analiza mogla provesti i bez njega, ali kako se radi o važnom faktoru elektroničkog poslovanja ostavljen je u modelu. Inputi outputi koji su korišteni u analizi omeđivanja podataka su:

INPUTI:

- ICT infrastruktura
- Stupanj ulaganja u ljudske resurse
- Informacijska sigurnost
- Broj djelatnika gradske uprave
- Broj radnih stanica (osobnih računala)
- Broj servera
- Aplikacijsko-dokumentacijska pokrivenost
- Brzina pristupa

OUTPUTI

- Klasifikacija obzirom na pouzdanost sustava (broj kvarova)
- Stupanj zrelosti upravljanja (ocjena prema COBIT modelu)
- Stupanj razvijenosti web servisa

Prilikom njihove selekcije vodilo se računa o stručnom mišljenju kompetentne osobe u ovom području. Potrebno je također naglasiti da je velik broj podataka bilo teško prikazati u numeričkom obliku pa ih se agregiralo u jedan kako bi ih se moglo numerički izraziti.

Prvi se input odnosi na **ICT infrastrukturu** koja predstavlja vrlo bitan element u ocjeni efikasnosti elektroničkog poslovanja gradske uprave budući da se cijelo poslovanje odvija uz pomoć nje i ona predstavlja jedan od temelja elektroničkog poslovanja. Ovaj je input dobiven na način da se ocjenjivala računalna i komunikacijska infrastruktura obzirom na to postoji li izrada kopija dokumenata na dnevnoj razini, posjeduje li gradska uprava virtualizacijsku tehnologiju, postoji li segmentacija mreže i sl.

Drugi input je **stupanj ulaganja u ljudske resurse** koji je također vrlo bitan aspekt e-poslovanja, jer implementiranje visoke tehnologije u organizaciju, a da se pritom ne educira zaposlenike kako će se koristiti tehnologijom nema smisla. Ovaj input dobiven je ocjenom prema kojoj je svaki bod dobiven obzirom na činjenicu postoji li Helpdesk u okviru IT službe, vodi li se briga o educiranju djelatnika gradske uprave (obzirom na korištenje IT tehnologije tj. šalje li ih se na tečajeve), vodi li se briga o educiranju građana koji će koristiti e-usluge gradske uprave i sl.

Informacijska sigurnost je odabrana kao treći input koji je također teško mjerljiv i vrlo bitan u poslovanju, jer njegovim zanemarivanjem cijelo poslovanje može stati, a dobiven je bodovanjem činjenice posjeduje li određena gradska uprava certifikate vezane za sigurnost elektroničkog poslovanja, postoji li precizno utvrđivanje uloga i prava za rad korisnika s informacijskim sustavom, posjedovanje pametnih kartica (kartica koja omogućava pristup tj. logiranje korisnika na određeno računalo), postojanje filtriranja web sadržaja i dr.

Broj djelatnika gradske uprave i broj računala također su dvije bitne veličine u ispitivanju efikasnosti e-poslovanja, jer njihov broj odražava veličinu gradske uprave i pritom dodatno determinira složenost samog sustava kojeg je sukladno tome teže i održavati. Ove su

veličine i međusobno povezane, jer bi trebale pokazivati da li svaki djelatnik posjeduje vlastito računalo ili dijeli računalo s drugim djelatnikom ukoliko postoji rad u smjenama (iako se radi o gradskoj upravi rad u smjenama je moguć pogotovo za djelatnike IT službe, djelatnike koji rade na porti i sl.).

Broj servera ili poslužitelja je odabran kao veličina koja također odražava stupanj razvijenosti elektroničkog poslovanja, odnosno informacijsku infrastrukturu pojedine gradske uprave.

Propusnost (brzina pristupa) širokopojasne mrežne konekcije je također važan input, jer govori o tome koliko se brzo može pristupiti sadržajima na internetu koji su nam potrebni, što također utječe na efikasnost rada u okvirima gradske uprave.

Aplikacijsko-dokumentacijska pokrivenost je podatak koji je dobiven iz ankete na način da se ustanovilo postoje li i koliko aplikacija za usko specijalizirano područje (računovodstvo, platni promet) kao i dokumentacijska pokrivenost koja se odnosi na posebna proračunska sredstva, procedure i dokumente vezane za e-razvoj, a utječu na efikasnost samog poslovanja.

Tri odabrana outputa su kvalitativne prirode. Jedan od njih je **stupanj zrelosti upravljanja** ocijenjen uz pomoć **COBIT** metodologije prema kojoj postoji pet stupnjeva zrelosti upravljanjem IT sustavom, a to su redom prvi prema kojem je sustav kaotičan, drugi u kojem je stupanj zrelosti upravljanja početni (reaktivni), treći prema kojem je proaktivan, četvrti prema kojem je definiran i peti prema kojem se ocjenjuje kao upravljan i mjereno. Iz svake gradske uprave osoba koja je ispunjavala anketni upitnik je ocijenila prema ovom modelu stupanj zrelosti upravljanja informacijskim sustavom. Potrebno je prokomentirati da niti jedna gradska uprava nema ocjenu najvišeg stupnja.

Klasifikacija obzirom na broj kvarova je drugi output kojim se ocjenjuje **pouzdanost** sustava obzirom na broj kvarova i njegovu složenost obzirom na strukturu (broj servera).

Treći output je **stupanj razvijenosti web servisa** ocijenjen na skali od 1 do 5 ovisno o stupnju razvijenosti (1- informacija o usluzi nije dostupna na mreži, 2- Na mreži je dostupna samo informacija o usluzi (npr. opis postupka) i tako redom)

Na početku je provedena analiza odabranih podataka i CCR modelom i BCC modelom. Broj efikasnih jedinica u ocjeni CCR modelom iznosi 18 (vidi tablica 7.2) , a BCC modelom 24 (vidi tablica 7.3). Razlika je u 6 efikasno ocijenjenih jedinica više prema BCC modelu, što predstavlja značajnu razliku (više od 30%) pa se prema preporuci autora treba uzeti u obzir ona u kojoj je broj efikasnih jedinica veći, odnosno BCC model, jer je vjerojatno ta razlika nastala radi efekta obujma, što je i logičnije budući da je vjerojatnije da promjene inputa ne uzrokuju linearno povećanje outputa u problemu elektroničkog poslovanja.

Sumarni rezultati efikasnosti dobiveni AOMP prema CCR i BCC modelu prikazani su u tablici 7.1. Iz tablice se vidi da prosječna CCR efikasnost JO iznosi 0,834569, što znači da prosječna JO ukoliko želi poslovati na granici efikasnosti treba uz ostvarenu razinu outputa koristiti 19,8%⁸⁵ manje resursa. Prema BCC modelu prosječna efikasnost iznosi 0,924523 što znači da prosječna JO ukoliko želi poslovati na granici efikasnosti uz ostvarenu razinu outputa treba smanjiti resurse za 8,22% . Relativno efikasnih jedinica ima 44% prema CCR modelu i 58,5% prema BCC modelu. Također je vidljivo da su srednje vrijednosti efikasnosti vrlo visoke i iznose 83% za CCR, odnosno 92% za BCC model, dok se najmanja razina relativne efikasnosti kreće od 0,49787, prema CCR, odnosno 0,502475 prema BCC modelu.

Tablica 7.1 Sumarni rezultati CCR i BCC modela usmjerenim inputima

	CCR	BCC
Broj JO koje su ušle u analizu	41	41
Broj relativno efikasnih	18	24
Relativno efikasne u postocima	44%	58.5%
Prosječna relativna efikasnost	0,834569	0,924523
Najveća vrijednost	1	1
Najmanja vrijednost	0,49787	0,502475
Broj JO koje imaju manju relativnu efikasnost od prosječne	16	12

⁸⁵ Vrijednost se dobije kao $\left(\frac{1-0.834569}{0.834569}\right) = 19,8\%$

Ukoliko se efikasnost razdvoji prema jedinicama omogućuje se i njihova izravna usporedba. Usporede li se rezultati dobiveni CCR i BBC modelom vidi se da se vrijednosti za četiri JO kreću oko prosječne vrijednosti relativne efikasnosti, a da je značajan broj ispod te granice.

Tablica 7.2. Rangirane jedinice obzirom na relativnu efikasnost prema CCR modelu

Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	g40	1	20	g31	0,973118
1	g35	1	21	g29	0,928367
1	g2	1	22	g33	0,86905
1	g32	1	23	g1	0,859597
1	g4	1	24	g30	0,838693
1	g5	1	25	g37	0,810025
1	g6	1	26	g17	0,777614
1	g27	1	27	g34	0,743661
1	g8	1	28	g41	0,692734
1	g9	1	29	g38	0,688731
1	g10	1	30	g22	0,669241
1	g25	1	31	g11	0,659091
1	g12	1	32	g16	0,639238
1	g13	1	33	g39	0,634524
1	g14	1	34	g28	0,613185
1	g23	1	35	g21	0,5977
1	g20	1	36	g24	0,584297
1	g19	1	37	g3	0,570562
1	g18	1	38	g15	0,544342
			39	g26	0,524476
			40	g36	0,501233
			41	g7	0,49787

Izvor: Izradio autor

U efikasnoj skupini gradova nalaze se gotovo svi veliki gradovi RH što potvrđuje pretpostavku da u velikim gradovima postoji svijest o tome koliko je kvalitetno digitaliziranje poslovanja nužno i da se je na temelju dostupnih dokumenata i normi s područja e-uprave počelo restrukturirati postojeće poslovanje i prilagođavati ga zahtjevima e-uprave. Takav se je stav odrazio i na ocjenu relativne efikasnosti tih gradskih uprava koje su ocjenom u CCR i BCC modelu visoko pozicionirane.

Tablica 7.3. Rangirane jedinice obzirom na relativnu efikasnost prema BCC modelu

Rang	JO	Rezultat	Rang	JO	Rezultat
1	g40	1	26	g31	0,997151
1	g35	1	27	g16	0,966788
1	g2	1	28	g21	0,960532
1	g34	1	29	g1	0,859597
1	g4	1	30	g36	0,852627
1	g5	1	31	g26	0,847959
1	g6	1	32	g28	0,836971
1	g33	1	33	g22	0,828066
1	g8	1	34	g37	0,823231
1	g9	1	35	g24	0,786363
1	g10	1	36	g39	0,781961
1	g11	1	37	g38	0,759159
1	g12	1	38	g15	0,756916
1	g13	1	39	g41	0,75678
1	g14	1	40	g3	0,588884
1	g32	1	41	g7	0,502475
1	g30	1			
1	g17	1			
1	g18	1			
1	g19	1			
1	g20	1			
1	g29	1			
1	g27	1			
1	g23	1			
1	g25	1			

Izvor: Izradio autor

Rangiranje prema BCC modelu nije toliko izraženo kao u prethodnom slučaju, jer veliki broj entita (čak njih 6 više nego u CCR modelu) postaje efikasno primjenom ovog modela. U ovom bi slučaju BCC model mogao poslužiti kao prvi filter za detekciju neefikasnih jedinica, a potom se kombinirati sa AHP metodom koja bi te jedinice izdiferencirala.

Osim što nam ova bazična analiza omogućava klasifikaciju JO na efikasne i neefikasne, omogućava nam također i uvid u to koliko se puta pojedina efikasna jedinica našla u referentnom skupu. Referentni skup predstavljaju efikasne jedinice koje su određene obzirom na promatranu neefikasnu jedinicu, odnosno koje su joj najbliže u odnosu na projekcije koje može ostvariti da bi se našla na granici efikasnosti. Koliko se puta određena jedinica našla u referentnom skupu potvrđuje i intenzitet njezine relativne efikasnosti. Naime, budući da su sve efikasne jedinice ocjenjene maksimalnom vrijednošću 1, njihova frekvencija pojavljivanja u referentnom skupu će

nam reći koliko je ta procjena “čvrsta“, odnosno da li su ocjenjeni relativno efikasna samo obzirom na ulazno - izlazne podatke ili ima dodatnu ulogu primjera u koji bi se neefikasne jedinice gradske uprave koje se nalaze u njegovom referentnom skupu trebale ugledati. Frekvencija nam pokazuje upravo to koliko je promatrana efikasna jedinica dobra u svom poslovanju, čime se ostalim neefikasnim jedinicama iz tog referentnog skupa postavlja smjernice i cilj kojem bi trebale težiti.

Tablica 7.4 Tablični prikaz rezultata efikasnih jedinica i njihovih frekvencija pojave u referentnom skupu prema BCC modelu

JO	Frekvencija pojavljivanja u referentnom skupu
g2	3
g4	6
g5	1
g6	2
g8	1
g10	0
g11	0
g12	2
g13	2
g14	0
g17	0
g18	1
g19	1
g20	13
g23	0
g25	13
g27	15
g29	0
g30	5
g32	5
g33	3
g34	1
g35	1
g40	3

Izvor: Izradio autor

Iz tablice je vidljivo da najveću frekvenciju ima grad g27. Dobiveni rezultat ne iznenađuje, jer se radi upravo o gradskoj upravi srednje velikog grada RH koji se nalazi u blizini velikog grada pa

je uz nižu razinu inputa (broj zaposlenika, broj računala i dr) ostvario visoku razinu outputa, te je time i broj gradova koji se na njega mogu ugledati puno veći, jer spada u kategoriju srednje velikih gradova koji su u najvećem broju uključeni u analizu. Ključnu ulogu je odigrao i regionalni smještaj grada pa su se u analizi pokazali efikasnim i manji gradovi koji se nalaze u blizini velikih gradova, te turistički gradovi koji su pokazali velike izlaze outputa upravo u ocjeni web servisa te samih izgleda i kvalitete web stranica na kojima su ponudili mnoštvo kvalitetnih i korisnih usluga.

Tablica 7.5 Članovi referentnog skupa za relativno neefikasne JO prema BCC modelu

R.BR	JO	Ocjena	RANG	REFERENTNI SKUP					
1	g7	0,502475	41	g2	g20	g25	g27	g32	
2	g3	0,588884	40	g2	g25	g27	g32	g40	
3	g41	0,75678	39	g25	g27	g32	g33	g34	
4	g15	0,756916	38	g4	g20	g25	g27		
5	g38	0,759159	37	g2	g5	g20	g27		
6	g39	0,781961	36	g4	g6	g20	g25	g27	
7	g24	0,786363	35	g20	g25	g27	g30	g33	g40
8	g37	0,823231	34	g8	g20	g25	g27	g35	
9	g22	0,828066	33	g20	g25	g27	g30	g33	
10	g28	0,836971	32	g4	g13	g18	g20	g25	g27 g30
11	g26	0,847959	31	g4	g20	g25	g27		
12	g36	0,852627	30	g4	g6	g20	g25	g27	
13	g1	0,859597	29	g20	g27	g32			
14	g21	0,960532	28	g20	g25	g27	g30	g40	
15	g16	0,966788	27	g12	g20	g25	g27	g30	
16	g31	0,997151	26	g4	g12	g13			
17	g9	1	1	g19	g32				

Izvor: Izradio autor

Na temelju dobivenih podataka vidljivo je koje bi jedinice mogle dostići efikasnost i koje bi im jedinice gradske uprave mogle poslužiti kao uzor. Naime, uzmemo li kao primjer jedinicu g37 vidljivo je da bi ona svoje poslovanje mogla poboljšati po uzoru na jedinice g8, g20, g25, g27 i g35. Među tih pet članova referentnog skupa za uzor promatrane relativno neefikasne jedinice gradske uprave odabire se onaj s najvećom vrijednosti. Prema pripadnoj ocjeni od 0,823231 za jedinicu g37 (vidi prilog), najbliža joj je jedinica g35 s pripadnom vrijednosti 0,638295 pa bi projekcijama obzirom na promatranu JO, jedinica g37 postigla efikasnost. Posebnu bi pozornost trebalo posvetiti jedinici g9 koja je označena roza bojom u tablici, jer je njezina pripadna ocijenjena vrijednost 1 pa bi se moglo na temelju toga reći da je relativno

efikasna, ali ima referentni skup, koji se sastoji od jedinica g19 i g32. Taj bi se podatak mogao protumačiti na način da je percipirana kao *slabo efikasna* te da bi se kao takva mogla pridružiti skupu relativno neefikasnih jedinica gradske uprave budući da su joj i dopunske varijable različite od nule. Naime, u šest inputa (vidi tablicu 7.6) ostvaruje viškove prema dopunskim varijablama pa je ta činjenica definitivno svrstava u neefikasne jedinice.

Tablica 7.6 prikaz vrijednosti dopunskih varijabli za JO g9

		ICT	Ljp	SIG	SERV	DJELAT	BRZINA	RACUN	APLPOK
JO	Rang	S-(1)	S-(2)	S-(3)	S-(4)	S-(5)	S-(6)	S-(7)	S-(8)
g9	1	8	0	2	0,333333	13,33333	6,666667	11,33333	0

Analizom omeđivanja podataka se dobivaju informacije o potencijalnom poboljšanju koje bi relativno neefikasna jedinica mogla postići. Radi se o projekcijama granicu efikasnosti koje je ovom metodom moguće dobiti za svaku relativno neefikasnu jedinicu gradske uprave. U tablici 7.9 je odabran primjer upravo za ranije spomenutu jedinicu g37.

Tablica 7.7 Podaci o mogućim poboljšanjima za jedinicu gradske uprave g37

Input/output	podaci	projekcija	razlika	%
g37	0,823231			
OCJENA ICT TEHNOLOGIJE	13	10,70201	-2,29799	-17,68%
ULAGANJE U LJUDSKE POTENCIJALE	5	3,088929	-1,91107	-38,22%
OCJENA SIGURNOSTI	6	4,269444	-1,73056	-28,84%
BROJ SERVERA	8	4,857899	-3,1421	-39,28%
BROJ DJELATNIKA	61	47,75959	-13,2404	-21,71%
BRZINA PRISTUPA	10	8,232314	-1,76769	-17,68%
BROJ RAČUNALA	55	45,27773	-9,72227	-17,68%
POKRIVENOST APLIKACIJAMA	9	7,409082	-1,59092	-17,68%

U prvom su stupcu tablice 7.7 prikazani nazivi inputa koji su uzeti u analizu, u drugom se stupcu prikazane stvarne vrijednosti inputa jedinice g37 koja je ocijenjena kao relativno neefikasna. dok su u trećem stupcu prikazane vrijednosti koje bi jedinica trebala ostvariti da bi postala relativno efikasna. Podaci u četvrtom stupcu predstavljaju razliku stvarnih i projiciranih vrijednosti koje su prikazane u prethodna dva stupca, a u posljednjem je stupcu ta razlika prikazana u postocima.

Promotrimo li JO g37 i projekcije izračunate uz pomoć software-skog paketa DEA-Solver Pro5.0 (vidi Prilog4) vidljivo je da bi jedinica ostvarila efikasnost i kada bi se broj djelatnika smanjio 13-ero ljudi (sa 61 na 47), broj računala za 10 (sa 55 na 45), te broj servera za 3, pokrivenost specijaliziranim aplikacijama trebala bi se smanjiti za 2-3 programa, te izdvajanje u obrazovanje ICT i ostalog osoblja smanjiti za gotovo dvije jedinice.

Usporedimo li rezultate dobivene CCR i BCC modelom (Vidi tablica 7.8) vidi se da je dodatnih 6 JO ocijenjeno relativno efikasnim. Bojom su označene one koje su prema CCR modelu ocijenjene relativno neefikasnim.

Tablica 7.8 Usporedba efikasnih JO gradskih uprava obzirom na CCR i BCC model

RANG CCR	DMU	Score	RANG BCC	DMU	Score
1	g40	1	1	g40	1
1	g35	1	1	g35	1
1	g2	1	1	g2	1
1	g32	1	1	g34	1
1	g4	1	1	g4	1
1	g5	1	1	g5	1
1	g6	1	1	g6	1
1	g27	1	1	g33	1
1	g8	1	1	g8	1
1	g9	1	1	g9	1
1	g10	1	1	g10	1
1	g25	1	1	g11	1
1	g12	1	1	g12	1
1	g13	1	1	g13	1
1	g14	1	1	g14	1
1	g23	1	1	g32	1
1	g20	1	1	g30	1
1	g19	1	1	g17	1
1	g18	1	1	g18	1
22	g33	0,86905	1	g19	1
24	g30	0,838693	1	g20	1
27	g34	0,743661	1	g29	1
26	g17	0,777614	1	g27	1
21	g29	0,928367	1	g23	1
31	g11	0,659091	1	g25	1

Izvor: Na temelju dobivenih podataka izradio autor

Iz tablice je vidljivo da su BCC modelom JO g11, g17, g29, g30, g33 i g34 stekle status relativno efikasnih jedinica. Pokazalo se ponovno da se radi o rezultatu koji je potvrdio očekivanja, jer su se među efikasnim jedinicama ponovno našle gradskih uprava srednjih i velikih gradova koje u prvoj CCR analizi nisu bili obuhvaćeni.

Tablica 7.9 Frekvencije relativno efikasnih JO u referentnom skupu prema BCC i CCR modelu

BCC MODEL		CCR MODEL	
JO	Frekvencija u referentnom skupu	JO	Frekvencija u referentnom skupu
G2	3	g2	7
G4	6	g4	9
G5	1	g5	0
G6	2	g6	1
G8	1	g8	0
g10	0	g10	0
g11	0	g12	4
g12	2	g13	1
g13	2	g14	1
g14	0	g18	0
g17	0	g19	1
g18	1	g20	17
g19	1	g23	0
g20	13	g25	13
g23	0	g27	22
g25	13	g32	19
g27	15	g35	1
g29	0	g40	6
g30	5		
g32	5		
g33	3		
g34	1		
g35	1		
g40	3		

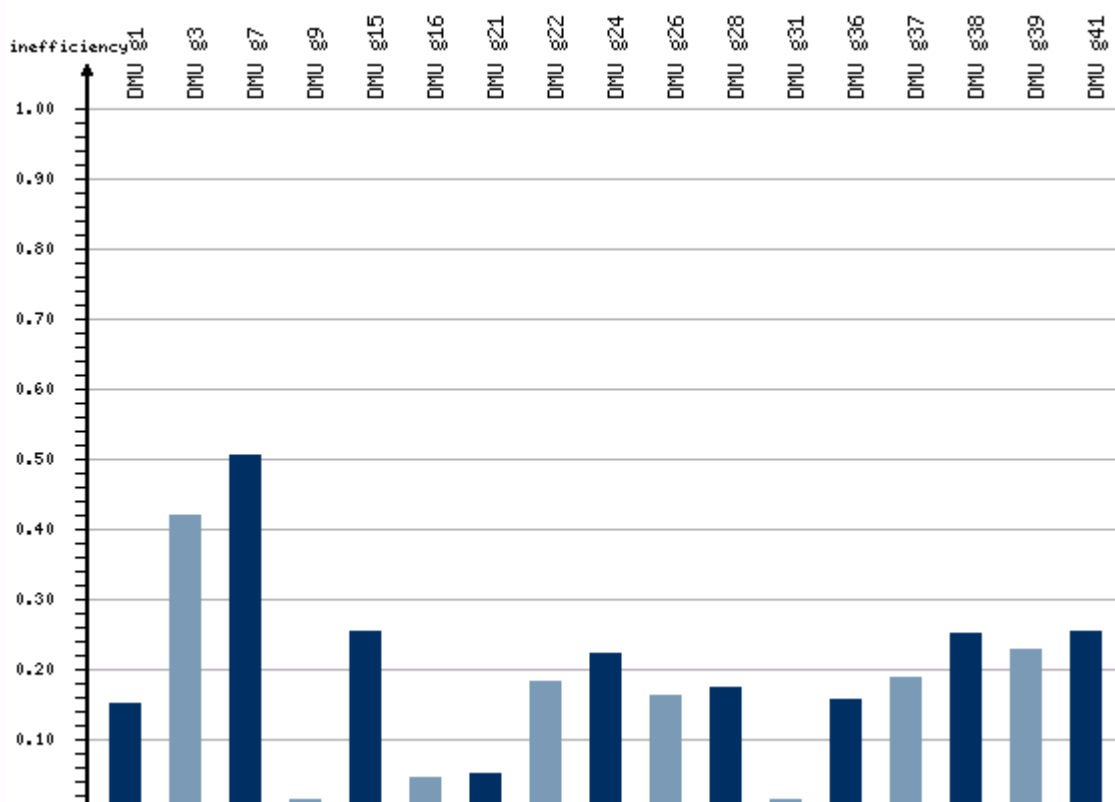
Izvor: Izradio autor

Usporedimo li dobivene rezultate frekvencija relativno efikasnih jedinica gradskih uprava može se zaključiti da jedinica g27 prema oba modela ima najveću frekvenciju što znači da relativno efikasna jedinica g27 predstavlja uzor najvećem broju jedinica koje su ocijenjene relativno neefikasnim po oba modela. Podaci dobiveni u ovoj tablici su vrlo bitni, jer se njima može utvrditi u kojoj je mjeri poslovanje pojedine jedinice zaista efikasno. Frekvencija od 22

pojavljivanja u referentnim skupovima relativno neefikasnih jedinica prema CCR modelu i 15 pojavljivanja u referentnim skupovima neefikasnih jedinica prema BCC modelu, učvršćuje poziciju jedinice g27 i daje joj potvrdu dobrog poslovanja.

Osvrnemo li se na skup relativno neefikasnih jedinica iz grafikona je vidljivo da su dvije najneefikasnije JO g7 i g38 koje su iz kategorije srednje velikih gradova, ali koje obzirom na količinu inputa imaju neočekivano male razine outputa tako da je njihova pozicija relativno neefikasnih sasvim opravdana.

Graf 7.1 Grafički prikaz relativno neefikasnih jedinica



Iz grafikona je vidljivo da su dvije najneefikasnije JO g7 i g3 koje su iz kategorije srednje velikih gradova, ali koje obzirom na količinu inputa imaju neočekivano male razine outputa tako da je njihova pozicija relativno neefikasnih sasvim opravdana. Tako loš rezultat je moguće opravdati lošim upravljačkim kadrom koji nema sluha za napredne tehnologije. U takvom bi se slučaju trebalo angažirati vanjsku tvrtku koja bi vodila računa o implementaciji i održavanju ICT sustava.

Pogleda li se tablica korelacije inputa (vidi Prilog 2), vidljivo je da su inputi broj računala i broj servera visoko korelirani s ostalim inputima pa je moguće ponoviti CCR i BCC analizu i bez ta dva inputa. Dobiveni rezultati bez ova dva inputa su nešto realniji te prema CCR input orijentiranom modelu dobiva se 15 relativno efikasnih jedinica (3 manje nego u prethodnoj analizi), dok je BCC input orijentiranim modelom 23 jedinice ocijenjeno relativno efikasnim (dvije manje nego u prethodnoj analizi). Međutim, osim što je manji broj relativno efikasnih jedinica, rezultati koji se dobivaju su puno realniji pogotovo u slučaju velikih gradova.

Ukoliko se izvrši analiza omeđivanja podataka prema BCC output- usmjerenom modelu i dobiveni se rezultati usporede s rezultatima dobivenim korištenjem BCC input-usmjerenim modelom, može se primijetiti da je rezultat efikasnosti jedinica gradskih uprava ostao isti što je u skladu sa svojstvom da efikasnost ne ovisi o tipu usmjerenosti BCC modela. Razlike se u ova dva modela uočavaju u vrijednostima dopunskih varijabli i optimalnih težina što kao posljedicu povlači promjenu vrijednosti projekcija, odnosno poboljšanja od strane outputa neefikasnih jedinica. Koji će se od ova dva modela uzeti u obzir ovisi o cilju koji je postavljen tj. ukoliko je cilj zadržati jednake (ili manje) veličine inputa kao što je to broj zaposlenih ili broj računala, a da se pri tome odrede najveće vrijednosti outputa što su u ovom slučaju web razvijenost ili pouzdanost sustava, tada će se odabrati output-usmjereni model. Međutim, želi li se održati jednaka (ili veća) razina outputa a da se pri tom odrede najmanje vrijednosti inputa koristit će se input-usmjereni model. U problemu analiziranja efikasnosti poslovanja gradskih uprava smislenije ih je analizirati input-orijentiranim modelima.

Što se tiče jedinica koje su ocijenjene kao relativno efikasne DEA metodom, međusobno su neusporedive ukoliko se dodatna analiza ne uzme u obzir, pa je početna ideja bila da se one rangiraju uz pomoć AHP metode čime bi se ove dvije metode povezale, iako je naknadno ustanovljeno da novije verzije DEA Solvera imaju mogućnost izračunavanja superefikasnosti prema kojoj se i relativno efikasne jedinice mogu rangirati. U ovom će se radu najprije analizirati superefikasnost za relativno efikasne jedinice, a potom će one biti analizirane i uz pomoć analitičkog hijerarhijskog procesa.

Model izračunavanja superefikasnosti nam omogućava rangiranje i jedinica koje su prema BCC i CCR modelu bile ocjenjene kao relativno efikasne i u odnosu na dodjeljenu vrijednost 1 nisu se

mogle razlikovati. Model superefikasnosti omogućava da se uoče razlike i među efikasnim jedinicama te da se one u odnosu na te razlike i izdiferenciraju. Podaci dobiveni prema modelu superefikasnosti dani su u Tablici 7.10.

Tablica 7.10 Tablica dobivena rangiranjem superefikasnih jedinica

Rang	JO	Rezultat
1	g27	20,8
2	g17	2,399013
3	g40	2,245156
4	g20	2
5	g25	1,711621
6	g4	1,5
6	g10	1,5
8	g35	1,49999
9	g30	1,453247
10	g6	1,294118
11	g33	1,288823
12	g8	1,249991
13	g12	1,225561
14	g13	1,206122
15	g18	1,173333
16	g34	1,064516
17	g29	1,037815
18	g11	1,007692
19	g14	1
19	g19	1
19	g32	1
19	g2	1
19	g23	1
19	g5	1

Iz tablice je vidljivo da modelom za izračunavanje superefikasnosti jedinice poprimaju u ocjeni i vrijednosti koje su veće od jedan pa se one kreću u rasponu od 1 do 20,8. Posljednjih 6 jedinica se nalazi na 19 mjestu i njima je efikasnost ostala jednaka 1. Jedinica s najvećom efikasnosti je g27 što potvrđuje raniji zaključak da obzirom na svoju frekvenciju ona predstavlja primjer dobrog poslovanja i da bi se na temelju frekvencija mogao odrediti intenzitet relativne efikasnosti efikasnosti. Tu činjenicu potvrđuju i jedinice g20, g25 i g40 dok jedinica g17 se može izdvojiti kao jedinica s visokom razinom efikasnosti, ali koja obzirom na dane inpute ne može poslužiti niti jednoj jedinici kao uzor.

U daljnjoj analizi relativno efikasne jedinice će se uzeti u analizu analitičkim hijerarhijskim procesom kako bi se vidjelo kako će se one izdiferencirati ovom metodom, ali isto tako da bi se uočilo koliko će se ti rezultati razlikovati u odnosu na izračunatu superefikasnost.

U analizu uz pomoć AHP-a najprije će se uzeti relativno efikasne jedinice koje će se rangirati na temelju podataka koji su u analizi omeđivanja podataka predstavljeni kao inputi i outputi, a koji predstavljaju podkriterije pet osnovnih kriterija temelja elektroničkog poslovanja.

Kako bi se lakše shvatio postupak rangiranja AHP metodom na ilustrativnom primjeru od tri odabrana grada iz promatranog problema i uz četiri kriterija pojasnit će se na koji način metoda izračunava globalne prioritete alternative i koeficijent konzistentnosti. Jedinice koje će se uzeti u razmatranje su g_{25}, g_{40}, g_{41} i rangirati će se na temelju 4 kriterija, a to su razvijenost web servisa, broj računala, aplikacijska pokrivenost i sigurnost sustava.

Podaci koje imamo na raspolaganju za svaki od kriterija su dani u tablici niže.

Tablica 7.11 Prikaz alternativa i podataka dobivenih za pojedini kriterij

<i>Kriterij</i>	<i>WEB</i>	<i>Broj računala</i>	<i>Aplikacijska pokrivenost</i>	<i>Sigurnost</i>
<i>Alternativa</i>				
g_{25}	4	509	11	10
g_{40}	4	2460	10	9
g_{41}	3	400	11	10

Prvi je korak izvršiti usporedbu u parovima kriterija i usporedbu u parovima alternativa obzirom na pojedini kriterij, a potom je formirati normirane matrice kako bi se mogao izračunati vektor prioriteta. Opisani postupak se provodi kroz tri koraka:

1. korak: Sumiraju se elementi svakog stupca u matrici usporedbe parova
2. korak: Formiraju se matrice normiranih vrijednosti na način da se svaki element podijeli sumom pripadajućeg stupca
3. korak: Izračuna se prosjek svakog retka transformirane matrice

Tako dobivene vrijednosti predstavljaju komponente vektora prioriteta ili relativnih težina, te predstavljaju mjeru relativne važnosti pojedinih elemenata u hijerarhiji. Pritom je suma svih elemenata vektora jednaka 1.

U našem primjeru omjeri važnosti kriterija prikazani su u tablici niže

Tablica 7.12 Tablični prikaz usporedbe kriterija u parovima

	WEB	računala	aplik. pokri.	sigurnost
WEB	1	3	2	2
računala	1/3	1	2/3	2/3
Aplik. pokri	1/2	3/2	1	1
sigurnost	2	3/2	1	1
Σ	23/6	14/2	14/3	14/3

Tablica se može prikazati u matričnom obliku na sljedeći način

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 & 2 \\ 1/3 & 1 & 2/3 & 2/3 \\ 1/2 & 3/2 & 1 & 1 \\ 2 & 3/2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Može se primijetiti da su omjeri obzirom na glavnu dijagonalu recipročni. Promotrite li s elementi prvog retka, dobivene vrijednosti se tumače na sljedeći način Kriterij WEB je u odnosu sam na sebe jednako važan, u odnosu na kriterij broj računala je tri puta važniji, u odnosu na pokrivenost aplikacijskim rješenjima dva puta važniji i u odnosu na sigurnost sustava također. U normiranom obliku matrica sada izgleda ovako

$$\begin{array}{l} \text{Relativne težine} \\ \left[\begin{array}{cccc} 6/23 & 6/14 & 6/14 & 6/14 \\ 2/23 & 2/14 & 2/14 & 2/14 \\ 3/23 & 3/14 & 3/14 & 3/14 \\ 12/23 & 3/14 & 3/14 & 3/14 \end{array} \right] \begin{array}{l} 0,386646 = 0,387 \\ 0,12888 = 0,129 \\ 0,19332 = 0,193 \\ 0,29115 = 0,291 \end{array} \end{array}$$

Relativna težina za prvi redak izračunata je kao aritmetička sredina vrijednosti toga retka, odnosno za prvi redak je prva vrijednost dobivena na sljedeći način

$$\frac{1}{4} \left(\frac{6}{23} + \frac{6}{14} + \frac{6}{14} + \frac{6}{14} \right) = 0,386646 \quad .$$

Ostale relativne težine dobivene su na isti način.

Nakon što su dobivene relativne težine kriterija, formiraju se na isti način matrice prioriteta alternativa u odnosu na svaki od četiri kriterija. Obzirom na kriterij „WEB“ i podatke iz tablice formira se matrica

$$\begin{array}{c} \text{grad} \\ g_{25} \\ g_{40} \\ g_{41} \\ \sum \end{array} \begin{array}{ccc} g_{25} & g_{40} & g_{41} \\ \left[\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 4/3 \\ 1 & 1 & 4/3 \\ 3/4 & 3/4 & 1 \end{array} \right] \\ 11/4 & 11/4 & 11/3 \end{array} \Rightarrow \text{koja se normiranjem pretvara u } \begin{array}{ccc} \left[\begin{array}{ccc} 4/11 & 4/11 & 4/11 \\ 4/11 & 4/11 & 4/11 \\ 3/11 & 3/11 & 3/11 \end{array} \right] \end{array}$$

Kao i za početnu matricu dobivaju se lokalni prioriteti alternativa obzirom na prvi kriterij i to redom

- Aritmetička sredina prvog reda normirane matrice iznosi $0,363636 \approx 0,36$
- Aritmetička sredina drugog reda normirane matrice iznosi $0,363636 \approx 0,36$
- Aritmetička sredina trećeg reda normirane matrice iznosi $0,272727 \approx 0,28$

Analogijom se formiraju matrice i za sljedeća tri kriterija pa se dobiva

Obzirom na kriterij „BROJ RAČUNALA“ dobiva sljedeća matrica i prioriteti

$$\begin{array}{c} g_{25} \\ g_{40} \\ g_{41} \\ \sum \end{array} \begin{array}{ccc} g_{25} & g_{40} & g_{41} \\ \left[\begin{array}{ccc} 1 & 1/5 & 1,27 \\ 5 & 1 & 6 \\ 0,79 & 1/6 & 1 \end{array} \right] \\ 6,79 & 41/30 & 8,27 \end{array} \Rightarrow \text{normiranjem stupaca se dobiva } \Rightarrow \begin{array}{ccc} \left[\begin{array}{ccc} 0,147 & 6/41 & 0,153 \\ 0,736 & 30/41 & 0,726 \\ 0,116 & 5/41 & 0,121 \end{array} \right] \end{array}$$

- Prioritet prve alternative ; = 0,1488 \approx 0,149
- Prioritet druge alternative; = 0,7312 \approx 0,731
- Prioritet treće alternative ; = 0,1196 \approx 0,120

Obzirom na kriterij „APLIKACIJSKA POKRIVENOST“ formira se sljedeća matrica i izračunavaju prioriteti

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccc}
 & g_{25} & g_{40} & g_{41} \\
 g_{25} & 1 & 11/10 & 1 \\
 g_{40} & 10/11 & 1 & 10/11 \\
 g_{41} & 11/10 & 11/10 & 1 \\
 \Sigma & 32/11 & 32/10 & 32/11
 \end{array}
 \Rightarrow \text{normiranjem stupaca se dobiva} \Rightarrow
 \begin{bmatrix}
 11/32 & 11/32 & 11/32 \\
 10/32 & 10/32 & 10/32 \\
 11/32 & 11/32 & 11/32
 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

- Prioritet prve alternative \approx 0,344
- Prioritet druge alternative \approx 0,312
- Prioritet treće alternative \approx 0,344

Obzirom na kriterij SIGURNOST formira se sljedeća matrica i izračunavaju prioriteti:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccc}
 & g_{25} & g_{40} & g_{41} \\
 g_{25} & 1 & 10/9 & 1 \\
 g_{40} & 9/10 & 1 & 9/10 \\
 g_{41} & 1 & 10/9 & 1 \\
 \Sigma & 29/10 & 29/10 & 29/10
 \end{array}
 \Rightarrow \text{normiranjem se dobiva}
 \begin{bmatrix}
 10/29 & 10/29 & 10/29 \\
 9/29 & 9/29 & 9/29 \\
 10/29 & 10/29 & 10/29
 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

- Prioritet prve alternative \approx 0,290
- Prioritet druge alternative \approx 0,310
- Prioritet treće alternative \approx 0,290

Izračunati prioriteti za pojedinu alternativu po svakom od kriterija mogu se prikazati tablicom 7.13.

Tablica 7.13 Prioriteti alternativa po svakom od kriterija

<i>Kriterij</i> <i>Alternativa</i>	<i>WEB</i>	<i>Broj računala</i>	<i>Aplikacijska pokrivenost</i>	<i>Sigurnost</i>
g ₂₅	0,364	0,149	0,344	0,345
g ₄₀	0,364	0,731	0,312	0,310
g ₄₁	0,272	0,120	0,344	0,345

Da bi se alternative na temelju dobivenih težina i prioriteta mogle rangirati i tako među njima odabrati onu najbolju, potrebno je izračunati globalni prioritet (srednju relativnu težinu) za svaku od alternativa. On se izračunava kao vagani prosjek lokalnih prioriteta za pojedinu alternativu obzirom na svaki kriterij, gdje su ponderi relativne težine pojedinog kriterija. Suma globalnih prioriteta jednaka je 1. Izračun globalnih prioriteta prikazan je tablicom niže.

Tablica 7. 14 Tablica izračuna ukupnih prioriteta za alternative

<i>Kriterij</i> <i>Alternativa</i>	<i>WEB</i>	<i>Broj računala</i>	<i>Aplikacijska pokrivenost</i>	<i>Sigurnost</i>	<i>Ukupni prioritet</i>
g ₂₅	0,387·0,364	+ 0,129·0,149	+ 0,193·0,344	+ 0,291·0,345	= 0,327
g ₄₀	0,387·0,364	+ 0,129·0,731	+ 0,193·0,312	+ 0,291·0,310	= 0,386
g ₄₁	0,387·0,272	+ 0,129·0,120	+ 0,193·0,344	+ 0,291·0,345	= 0,287

Ukupni prioritet

$$g_{25}=0,140868+0,019221+0,066392+0,100395=0,327$$

$$g_{40}=0,140868+0,094299+0,060216+0,09021=0,386$$

$$g_{41}=0,105264+0,01548+0,066392+0,100395=0,287$$

Ukupni prioritet 0,327 → g₂₅, 0,386 → g₄₀, 0,287 → g₄₁. Najbolja jedinica prema svim kriterijima je g₄₀ čiji ukupni prioritet ima najveću vrijednost. Želimo li izračunati konzistentnost

provedene analize, ona se izračunava iz sljedeće jednakosti $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$, gdje je

$$\lambda_{\max} = \frac{\frac{c_1}{v_1} + \frac{c_2}{v_2} + \dots + \frac{c_n}{v_n}}{n}$$

$$A_1 \begin{bmatrix} 1 & 1 & \frac{4}{3} \\ 1 & 1 & \frac{4}{3} \\ \frac{3}{4} & \frac{3}{4} & 1 \end{bmatrix} \quad v = \begin{bmatrix} \frac{4}{11} \\ \frac{4}{11} \\ \frac{3}{11} \end{bmatrix} \Rightarrow A'' = \begin{bmatrix} \frac{4}{11} & \frac{4}{11} & \frac{12}{33} \\ \frac{4}{11} & \frac{4}{11} & \frac{12}{33} \\ \frac{12}{44} & \frac{12}{44} & \frac{3}{11} \end{bmatrix}$$

Iz sume prvog reda se dobiva $\frac{4}{11} + \frac{4}{11} + \frac{12}{33} = \frac{36}{33} \Rightarrow$ I ukoliko se ona podijeli s prvom vrijednošću

vektora v dobiva se $\frac{36}{33} \cdot \frac{11}{4} = 3$, analogno se iz drugog reda dobiva $\Rightarrow \frac{4}{11} + \frac{4}{11} + \frac{12}{33} = \frac{36}{33}$ iz čega

slijedi da je $\frac{36}{33} \cdot \frac{11}{4} = 3$, te iz trećeg se reda sumiranjem elemenata dobiva $\frac{36}{44}$ iz čega slijedi da je

$\frac{36}{44} \cdot \frac{11}{3} = 3$. Aritmetička sredina dobivenih triju vrijednosti je $\frac{3+3+3}{3} = 3$. Prema formuli je

$CI = \frac{3-3}{3-1} = \frac{0}{2}$, pa slijedi da je u našem slučaju $CI = 0$ obzirom na kriterij WEB. Koeficijent

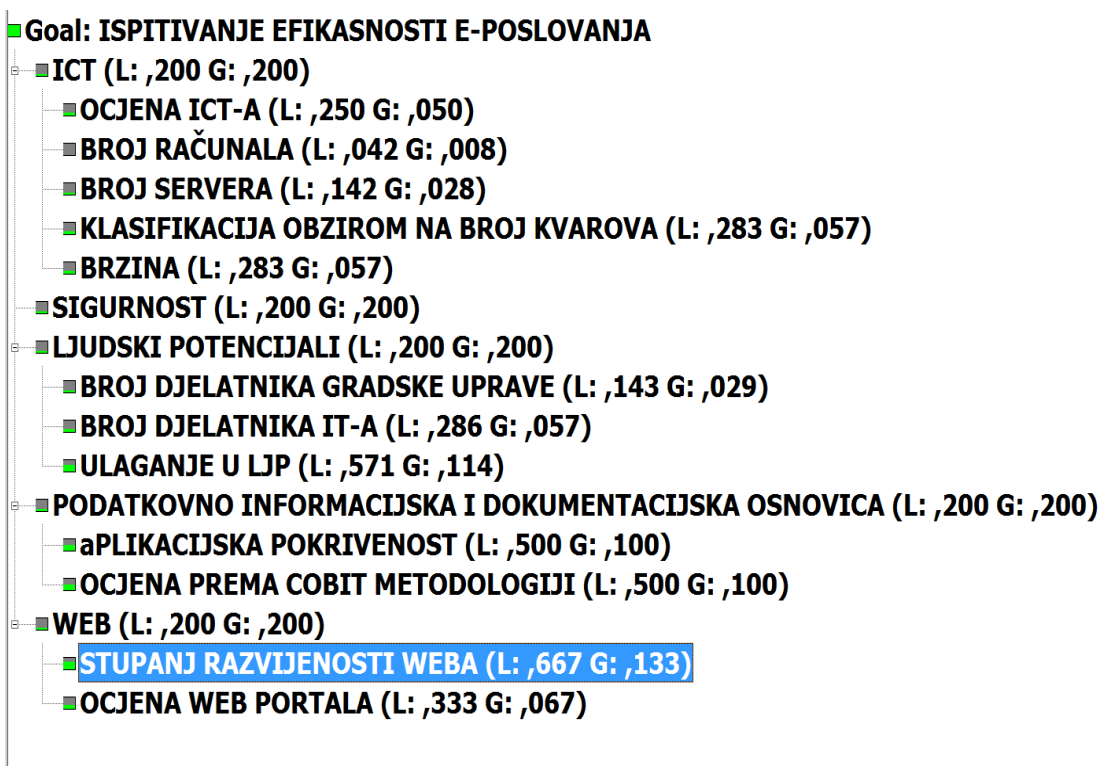
konzistentnosti se za ostale kriterije izračunava na isti način i u svim slučajevima je ona jednaka nula.

Iz prikazanog je primjera vidljivo da je u slučaju tri alternative i samo četiri kriterija vrlo komplicirano izračunati globalne kriterije i koeficijente konzistencije. Iz tog će se razloga u rangiranju većeg broja jedinica gradskih uprava i za veći broj kriterija koji se proteže u dvije razine koristiti Expert Choice.

Budući da analitički hijerarhijski proces dozvoljava i više kriterija, uvest će se i dodatni podkriteriji kako bi analiza bila detaljnija. Kako će u analizu ući 24 relativno efikasne jedinice dobivene BCC analizom, bez softwareskog programa bilo bi ih potrebno svrstati u 3 clustera od po 6 ili 7 elemenata u svakom, jer ljudska percepcija ne može istovremeno komparirati više od 7 elemenata, ali budući da će se analiza provesti uz pomoć softwareskog paketa Expert Choice 11 neće biti potrebno elemente stavljati u cluster.

U prvom je koraku bilo potrebno ručno unijeti sve kriterije, podkriterije kao i njihove lokalne težine na temelju kojih je Expert Choice automatski izračunao i globalne težine. Lokalne težine su unesene na temelju mišljenja stručnjaka s područja IT-a (vidi sliku 7.1). Time je osigurano da autor rada ne može dodjelom preferencija određenom kriteriju utjecati na konačan poredak alternativa. Temeljen svega rečenog stvorena je hijerarhijska struktura kao na slici niže.

Slika 7.1 : Hijerarhijski prikaz problema ispitivanja efikasnosti e-poslovanja gradskih uprava programskim paketom Expert Choice



Izvor: Izradio autor

Iz slike je vidljivo da su svim kriterijima prvog nivoa hijerarhije dodijeljene jednake težine (0.2) što je i bez pojašnjenja logično, jer se radi o pet glavnih temelja elektroničkog poslovanja i bez samo jednog od tih kriterija e- poslovanje ne može funkcionirati. Svi su jednako važni i zato su im dodijeljene jednake težine. Kriteriji su dodijeljeni na temelju usporedbe u parovima što je vidljivo na slici niže. Svaki od kriterija je naknadno, ukoliko je to imalo smisla, razgranat na podkriterije koji su potom u posebnom prozoru uspoređivani .

Slika 7.2 - Dodjeljivanje težina svakom od pet glavnih kriterija

	ICT (L: 1,000	SIGURNOS	LJUDSKI P	PODATKOV
ICT (L: 1,000 G: 1,000)		1,0	1,0	1,0
SIGURNOST			1,0	1,0
LJUDSKI POTENCIJALI				1,0
PODATKOVNO INFORMACIJSKA I DOKUMENTACIJSKA OSNOVICA				
WEB	Incon: 0,00			

Iz matrice usporedbi u paru vidljivo je da je razina nekonzistentnosti prilikom njihove usporedbe jednaka nuli tako da neće utjecati na konačan poredak alternativa.

Kod dodjeljivanja težina podkriterija situacija se izdiferencirala te su neki kriteriji proglašeni važnijima od drugih, pa je tako kako se vidi na slici niže, ocjena ICT infrastrukture proglašena kao četiri puta važnija u odnosu na broj računala, dva puta važnija u odnosu na broj servera itd. Potrebno je reći da se u ovom slučaju treba voditi računa o nedosljednim procjenama, te se treba imati na umu one ocjene koje su dane u prethodnim usporedbama kako se ne bi upalo u zamku nekonzistentnosti. Tako se nekonzistentnost može svesti na minimum, odnosno neće biti uopće prisutna.

Slika 7.3 Dodjeljivanje težina svakom od pet podkriterija kriterija ICT

	OCJENA ICT-	BROJ RAČ	BROJ SER	KLASIFIKAI
OCJENA ICT-A		4,0	2,0	1,0
BROJ RAČUNALA			4,0	8,0
BROJ SERVERA				2,0
KLASIFIKACIJA OBZIROM NA BROJ KVAROVA				
BRZINA	Incon: 0,01			

Prilikom dodjeljivanja prednosti jednog kriterija naspram drugog Expert Choice ima više mogućnosti koje se mogu koristiti u ovisnosti o problemu koji se obrađuje ili u ovisnosti o osobi koja problem analizira, pa tako postoji mogućnost numeričke usporedbe u parovima koja je prikazana na slici iznad, zatim verbalna s intenzitetima Equal, Moderate, Strong, Very strong i

Extreme kao i njihovim međustupnjevima. Posljednja mogućnost je mogućnost grafičke usporedbe u kojoj se odnos dviju alternativa istovremeno grafički prikazuje na tortnom grafikonu. U svakom slučaju, da bi matrica bila konzistentna potrebno je u što je većem broju slučajeva voditi se pravilom tranzitivnosti prema kojemu je $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$

Sljedeći korak da bi se mogla provesti konačna analiza je unijeti 41 alternativu, a potom i vrijednosti usporedbi u parovima tih alternativa prema svakom pojedinom kriteriju. U ovom se koraku izvode prioritete uz pomoć metode svojstvene vrijednosti iz jednakosti $A \vec{p} = n\vec{p}$ u kojoj je \vec{p} vektor prioriteta, n dimenzija matrice, te A matrica usporedbi. Kako metoda ne bi izgubila na objektivnosti, jer je upravo to mana koju joj svi pripisuju, uzete su u omjer vrijednosti dobivene ispunjavanjem anketnog upitnika. One su najprije obrađene i uspoređene u Excell-u, a potom su unesene u Expert Choice koji ih je automatski normirao. Time je se je smanjila mogućnost pogreške prilikom unošenja podataka matricu usporedbi. Jedna od tih matrica dana je na slici 7.4

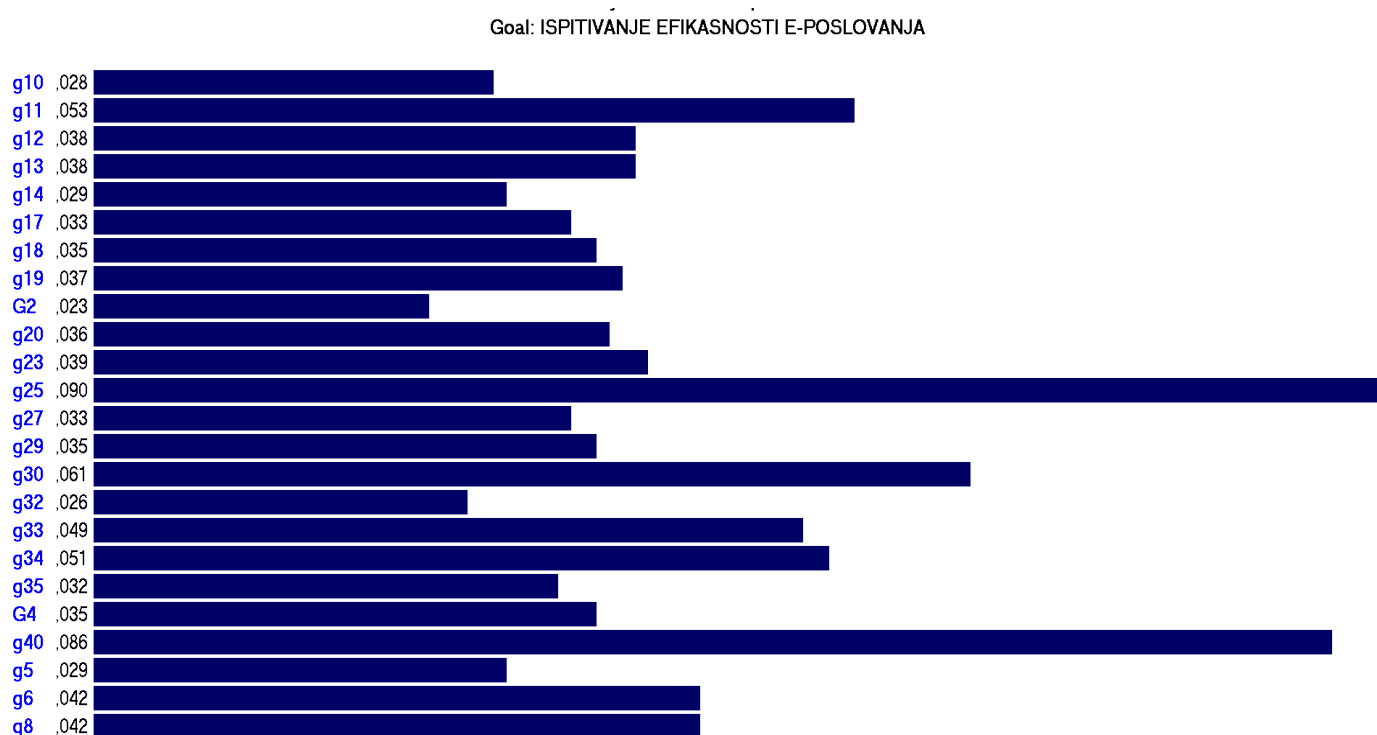
Slika 7.4. Prikaz usporedbe svih alternativa obzirom na kriterij aplikacijska pokrivenost

	G2	G4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13	g14	g17	g18	g19	g20	g23	g25	g27	g29	g30	g32	g33	g34	g35	g40				
G2																														
G4	1,33																													
g5	1,25	2,78																												
g6	1,67	3,7	2,0																											
g7	2,22	2,22	1,2	2,22																										
g8	1,83	1,0	2,2	1,38	1,83	3,67	1,1	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83		
g9	2,17	1,18	2,6	1,63	2,17	4,33	1,3	2,17	1,86	1,08	1,18	1,86	1,08	1,18	1,86	1,08	1,18	1,86	1,08	1,18	1,86	1,08	1,18	1,86	1,08	1,18	1,86	1,08		
g10	1,82	1,2	1,33	1,0	2,0	1,67	1,0	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	
g11	2,2	1,38	1,83	3,67	1,1	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	1,83	1,57	
g12	1,59	1,2	1,67	2,0	1,2	1,41	2,38	2,22	1,41	1,0	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	
g13	1,33	2,67	1,25	1,33	2,67	1,25	1,33	2,67	1,25	1,33	2,67	1,25	1,33	2,67	1,25	1,33	2,67	1,25	1,33	2,67	1,25	1,33	2,67	1,25	1,33	2,67	1,25	1,33	2,67	
g14	2,0	2,0	1,67	1,0	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	
g17	1,0	1,67	1,43	1,2	1,1	1,43	2,0	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	
g18	1,67	1,43	1,2	1,1	1,43	2,0	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	
g19	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82
g20	1,72	1,56	1,0	1,4	1,43	2,33	1,28	1,0	1,4	1,43	2,33	1,28	1,0	1,4	1,43	2,33	1,28	1,0	1,4	1,43	2,33	1,28	1,0	1,4	1,43	2,33	1,28	1,0	1,4	1,43
g23	1,09	1,71	2,4	1,2	4,0	1,33	1,71	1,71	2,4	1,2	4,0	1,33	1,71	1,71	2,4	1,2	4,0	1,33	1,71	1,71	2,4	1,2	4,0	1,33	1,71	1,71	2,4	1,2	4,0	1,33
g25	1,57	2,2	1,1	3,67	1,22	1,57	1,57	1,1	3,67	1,22	1,57	1,57	1,1	3,67	1,22	1,57	1,57	1,1	3,67	1,22	1,57	1,57	1,1	3,67	1,22	1,57	1,57	1,1	3,67	1,22
g27	1,4	1,43	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79
g29	2,0	2,0	1,67	1,0	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0	1,82	1,16	2,0
g30	3,33	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	1,0	3,33	1,11	1,43	1,43	
g32	3,03	2,33	2,33	3,03	1,29	1,11	1,43	1,43	3,03	2,33	2,33	3,03	1,29	1,11	1,43	1,43	3,03	2,33	2,33	3,03	1,29	1,11	1,43	1,43	3,03	2,33	2,33	3,03	1,29	1,11
g33	1,29	1,11	1,43	1,43	1,0	1,29	1,11	1,43	1,43	1,0	1,29	1,11	1,43	1,43	1,0	1,29	1,11	1,43	1,43	1,0	1,29	1,11	1,43	1,43	1,0	1,29	1,11	1,43	1,43	
g34	1,0	1,43	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79
g35	1,0	1,43	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79	1,41	1,41	2,0	1,67	1,79
g40	1,43	1,43	1,0	1,43	1,43	1,0	1,43	1,43	1,43	1,0	1,43	1,43	1,43	1,0	1,43	1,43	1,43	1,0	1,43	1,43	1,43	1,0	1,43	1,43	1,43	1,0	1,43	1,43	1,43	1,0

Posljednji korak u postupku je sintetiziranje lokalnih prioriteta kroz sve kriterije kako bi se izveo globalni prioritet. Tradicionalni pristup koristi aditivno normiranje sume lokalnih prioriteta prema kojem je $p_i = \sum_j w_j l_{ij}$, gdje p_i predstavlja globalni prioritet alternative i , l_{ij} lokalni prioritet, a w_j težinu kriterija j . Za razliku od ovog tradicionalnog distributive mode pristupa, tzv. ideal mode koristi normalizaciju dijeljenjem rezultata svake alternative samo s rezultatom najbolje alternative po svakom kriteriju.

Nakon što su izvršene sve usporedbe u parovima alternativa obzirom na kriterij i samih kriterija obzirom na njihovu važnost izračunat je opći prioritet za svaku pojedinu alternativu, a potom su one i rangirane. Sintetizirani rezultat prikazan je na slici 7.4 niže.

Graf 7.2 Sintetizirani rezultati obzirom na zadani cilj



Za ovako se rangirane jedinice vidi da dvije od njih prema svom rezultatu odskoču i da su daleko bolje rangirane od ostalih. Sve ostale jedinice su uprosječene i ne osciliraju u rezultatu jedne od

drugih. Dobiveni rezultat ne iznenađuje, jer jedinice g25 i g40 predstavljaju dvije gradske uprave velikih gradova u RH u kojima je već stvorena svijest o tome koliko je bitna kvalitetna implementacija elektroničkog poslovanja. Ovom rangiranju elemenata bi bilo dobro pridružiti rezultate dobivene računanjem superefikasnosti jedinica koje su analizom omeđivanja podataka ocijenjene kao relativno efikasne kako bi se mogle vidjeti razlike nastale rangiranjem prema jednoj i drugoj metodi te pokušalo interpretirati zašto su one nastale. Što se tiče dobivenog rezultata može se reći da su dvije najbolje rangirane jedinice u toj mjeri bolje pozicionirane, jer su ozirom na usporedbu u parovima njihovi prioriteti dobiveni obzirom na kriterije broj računala, broj djelatnika i broj servera znatno superiorniji od ostalih, a sintetizirani rezultat pokazuje ukupne prioritete dobivene kroz sve kriterije.

Konačni rezultati dobiveni uz pomoć analitičkog hijerarhijskog procesa potvrdili su očekivanja, jer u skupinu najbolje rangiranih alternativa ušli su najveći gradovi koji imaju razvijeniji sustav elektroničkog poslovanja u odnosu na druge, ali je isto tako vjerojatno da su težine na kriterije odigrale presudnu ulogu kao i činjenica da se je u analizi uzelo puno više parametara u obzir. Naime, svega osam gradova ocijenjeno je ukupnim prioritetom koji je veći od 0.040, većina ih se nalazi u prosjeku, a nekoliko njih je u ukupnom prioritetu znatno lošije i nalazi se pri dnu ranga. Nekonzistentnost je manja od 0.1 što znači da se je prilikom dodjele lokalnih težina i prioriteta bilo dosljedno. Također je potrebno naglasiti da dva grada nadmoćno odudaraju od drugih prema ukupnom prioritetu što ne začuđuje, jer se radi o dva velika grada u RH u kojima je razina e-poslovanja i svjesnost zaposlenika o važnosti njegove kvalitetne implementacije visoka, a ta su dva grada i analizom omeđivanja podataka ocijenjena kao relativno efikasna.

Usporedimo li rezultate dobivene metodom za ocjenu superefikasnosti i analitičkim hijerarhijskim procesom, može se reći da razlike i nisu toliko velike kako se očekivalo da će biti budući da težine i prioriteti kriterija i alternativa se u AHP metodi zadaju unaprijed, dok se one u analizi omeđivanja podataka izračunavaju.

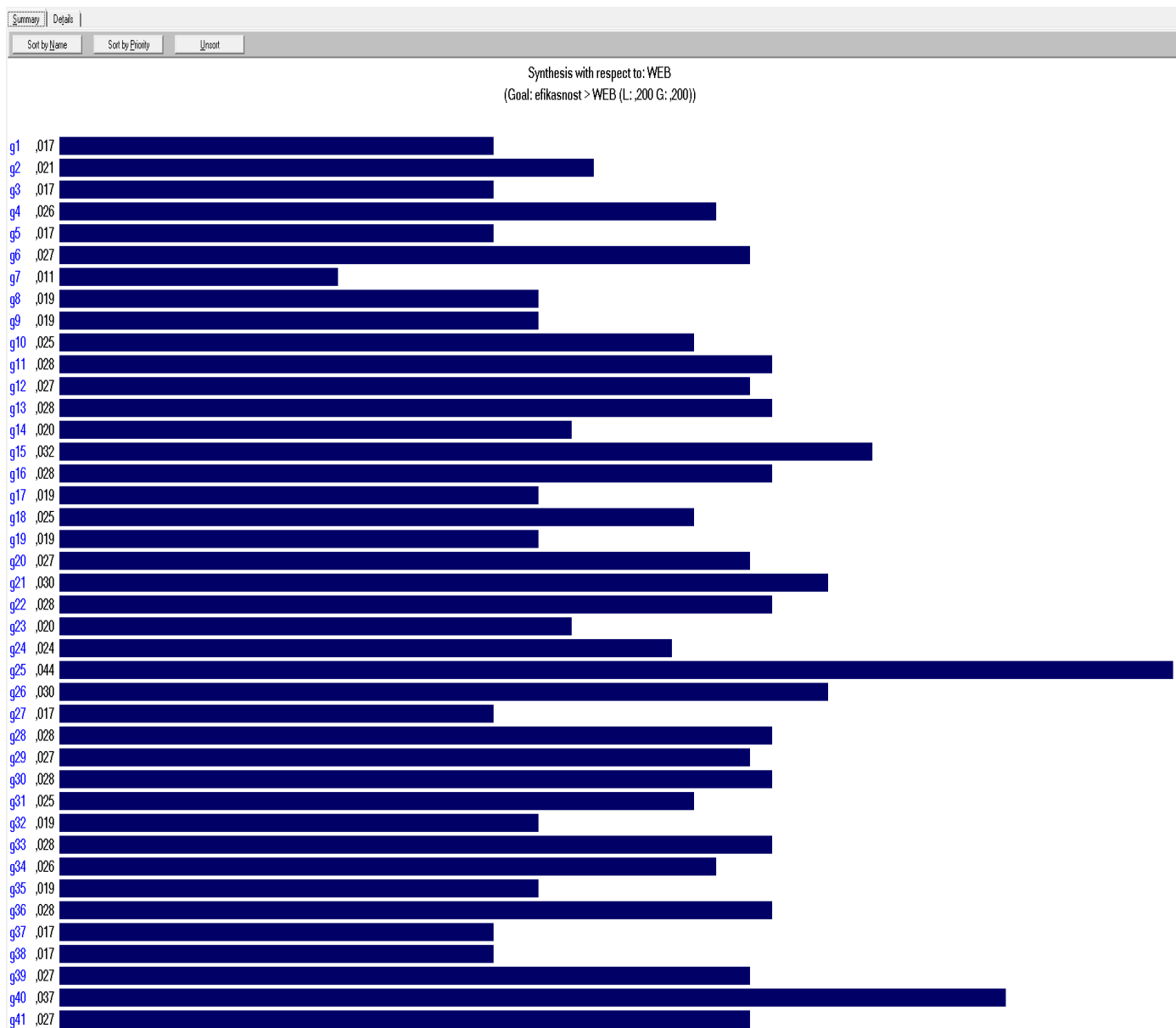
Tablica 7.15 Prikaz konačnih rezultata dobivenih superefikašnošću i AHP metodom

Rang	JO	Rezultat	Rang	alternativa	Vrijednost ukupnog prioriteta
1	g27	20,8	1	g25	0.090
2	g17	2,399013	2	g40	0.086
3	g40	2,245156	3	g30	0.061
4	g20	2	4	g11	0.053
5	g25	1,711621	5	g34	0.051
6	g4	1,5	6	g33	0.049
6	g10	1,5	6	g6	0.042
8	g35	1,49999	8	g8	0.042
9	g30	1,453247	9	g23	0.039
10	g6	1,294118	10	g12	0.038
11	g33	1,288823	11	g13	0.038
12	g8	1,249991	12	g19	0.037
13	g12	1,225561	13	g20	0.036
14	g13	1,206122	14	g4	0.035
15	g18	1,173333	15	g18	0.035
16	g34	1,064516	16	g29	0.035
17	g29	1,037815	17	g17	0.033
18	g11	1,007692	18	g27	0.033
19	<i>g14</i>	1	19	g35	0.032
19	g19	1	20	<i>g5</i>	0.029
19	<i>g32</i>	1	21	<i>g14</i>	0.029
19	g2	1	22	g10	0.028
19	g23	1	23	<i>g32</i>	0.026
19	<i>g5</i>	1	24	<i>g2</i>	0.023

Usporedbom dobivenih podataka zaključuje se kako su se u poretku među prvih pet i u jednoj i u drugoj analizi našli gradovi g25 i g40, dok su čak 4 jedinice g5, g2, g32 i g14, koje svoje vrijednosti efikasnosti nisu poboljšale u analizi superefikasnosti, ostale među posljednjih 6 i u rangiranju AHP metodom.

U nastavku su dani i sintetizirani rezultati na dva od 5 osnovnih kriterija. Prvi od njih je razvijenost web servisa, koji predstavlja jedan od važnijih podataka te ujedno i output u analizi omeđivanja podataka.

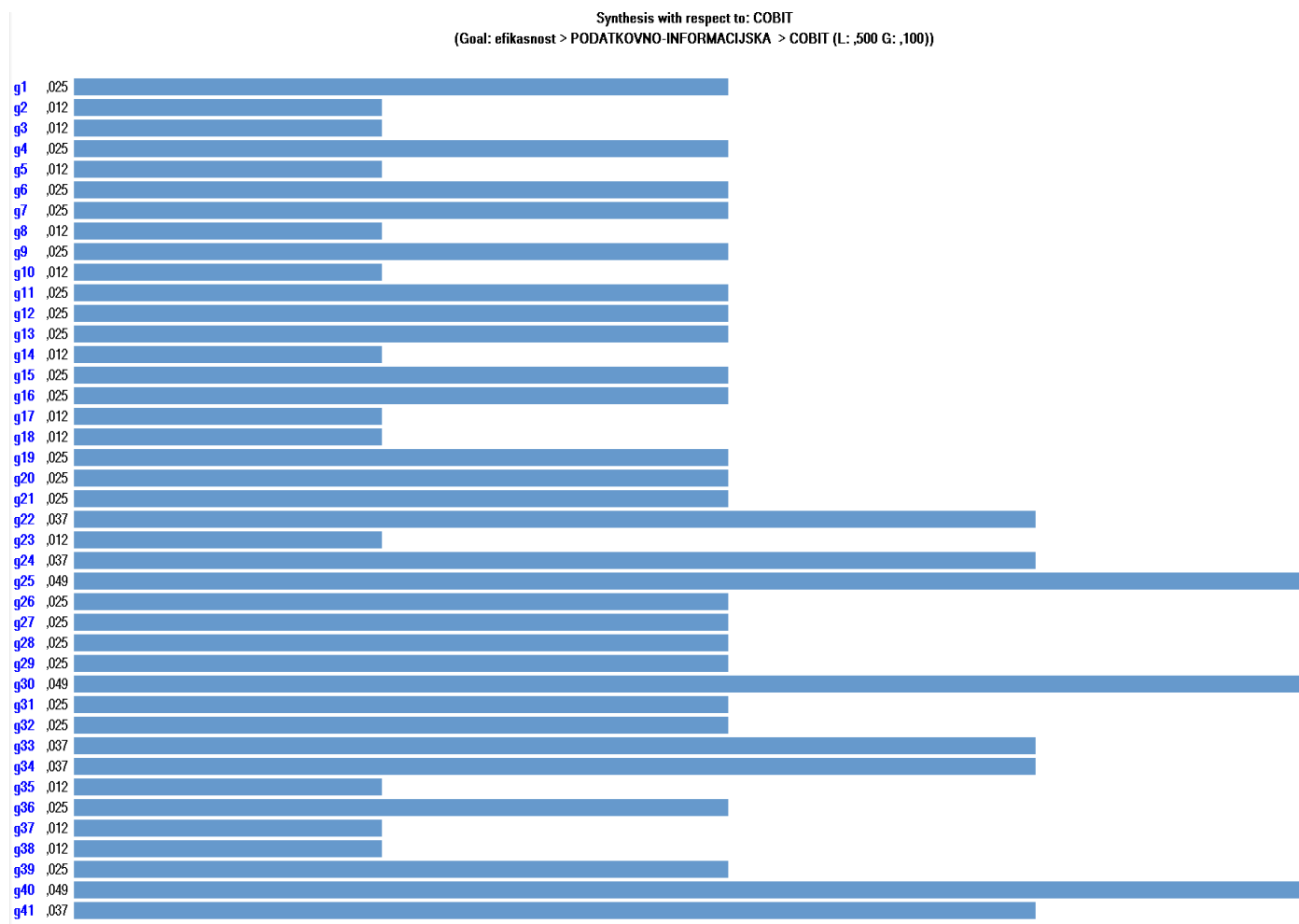
Graf 7.6 Prikaz razvijenosti web servisa



Izvor: Izradio autor

Na temelju prikazanog vidljivo je da samo dva grada „strše“ u smislu da su visoko rangirani dok je većina prosječna. Ono što se iz ovog prikaza također može reći da je na razini grada g25 i g40 ovaj kriterij bio presudan iako ne i odlučujući. U rangiranju ostalih gradova ovaj je kriterij, moglo bi se reći, neutralan.

Slika 7.5 rangiranje obzirom na COBIT model



Izvor: Izradio autor

Ovim se je kriterijem rezultat malo iskristalizirao i rasporedio gradove u više nivoa čime je omogućeno dobiti realniju sliku cijele situacije i izdiferencirati gradove kako bi ih se moglo bolje rangirati. Koeficijent nekonzistentnosti je pouzdano nizak.

AHP analiza je naknadno provedena i na uzorku od 41 grada, prema jednakim kriterijima i podkriterijima koji su uzeti u analizu za efikasne jedinice. Potrebno je napomenuti da su svi inputi i outputi korišteni u analizi omeđivanja podataka uzeti u hijerarhiju analitičkog hijerarhijskog procesa i korišteni u svojstvu jednog od podkriterija s dodijeljenim težinama dobivenih od strane stručnjaka s područja IT-a. Rezultati koji su u daljnjem tekstu prezentirani, dobiveni su također uz pomoć software-skog paketa Expert Choice 11, međutim prije samog

unosu podataka, bilo ih je potrebno obraditi u Excell-u, jer bi unos trajao vrlo dugo budući da se po kriteriju trebalo unijeti 800 vrijednosti u tablicu formata 40x40 (unose se vrijednosti samo u područje iznad glavne dijagonale). Dobiveni rezultati ukupnog poretka dani su na grafikonu niže.

Graf 7.4 Poredak alternativa u odnosu na postavljeni cilj



Izvor: Izradio autor na temelju dobivenih podataka programskim paketom Expert Choice

Konačni rezultati dobiveni uz pomoć analitičkog hijerarhijskog procesa potvrdili su očekivanja, jer u skupinu najbolje rangiranih alternativa ušli su najveći gradovi koji imaju razvijeniji sustav elektroničkog poslovanja u odnosu na druge, ali je isto tako vjerojatno da su težine na kriterije odigrale presudnu ulogu kao i činjenica da se je u analizi uzelo puno više parametara u obzir. Naime, svega sedam gradova ocijenjeno je ukupnim prioritetom koji je veći od 0.030, većina ih se nalazi u prosjeku, a nekoliko njih je u ukupnom prioritetu znatno lošije i nalazi se pri dnu ranga. Nekonzistentnost je manja od 0.1 što znači da se je prilikom dodjele lokalnih težina i

prioriteta bilo dosljedno. Također je potrebno naglasiti da dva grada g25 i g40 nadmoćno odudaraju od drugih prema ukupnom prioritetu što ne začuđuje, jer se radi o dva velika grada u RH u kojima je razina e-poslovanja i svjesnost zaposlenika o važnosti njegove kvalitetne implementacije visoka, a ta su dva grada i analizom omeđivanja podataka ocijenjena kao relativno efikasna, te su u modelu superefikasnosti postigli vrijednost efikasnosti od 2.245 (g40) i 1.71 (g25).

Usporedimo li rezultate dobivene analizom omeđivanja podataka i analitičkim hijerarhijskim procesom evidentno je da su neke jedinice kao npr. g41 koje su proglašene neefikasnim prema DEA modelu među prvih pet u rangiranju AHP metodom. Tu činjenicu nije teško objasniti, jer je značajna činjenica da se je u referentnom skupu i u BCC i u CCR modelu našla jedinica g25 koja je prema AHP metodi najbolje ocijenjena i obzirom na to pretpostavlja se da su inputi jedinice g41 vrlo slični inputima od g25, ali ipak nešto lošiji. Za pretpostaviti je također da su unaprijed određene težine također odigrale značajne uloge u boljem pozicioniranju određenih alternativa AHP metodom te su time veće gradove nenamjerno bolje pozicionirale, međutim to je i realniji rezultat, ali za razliku od DEA-e daje puno manje informacija, te ne daje nikakvu mogućnost poboljšanja osim one da se elektroničko poslovanje treba ugledati na najbolju alternativu. Takav stav je obeshrabrujući. S tog je aspekta DEA bolje rješenje, jer omogućava projekcije i time mogućnost poboljšanja poslovanja svakog od navedenih gradova postepeno i u skladu s najoptimalnijom politikom te uz to daje i prijedlog rješenja koji se AHP metodom ne dobiva. Analizom omeđivanja podataka dobiven je vrlo velik broj relativno efikasnih jedinica. Logično objašnjenje bi bilo da je razlog u tome što su obzirom na iznose odabranih inputa, outputi za većinu jedinica slični i to upravo iz razloga, jer se radi o outputima kvalitativnog karaktera koje je moguće dobiti samo uz pomoć različitih metodologija koje su razvile ocjene na temelju skaliranja (npr. COBIT model i klasifikacija obzirom na broj kvarova). Drugi uzrok tako velikom broju relativno efikasnih jedinica bio bi upravo u činjenici da su gradske uprave u RH na istom stupnju razvoja e- poslovanja tj. nalaze se u prve dvije faze.

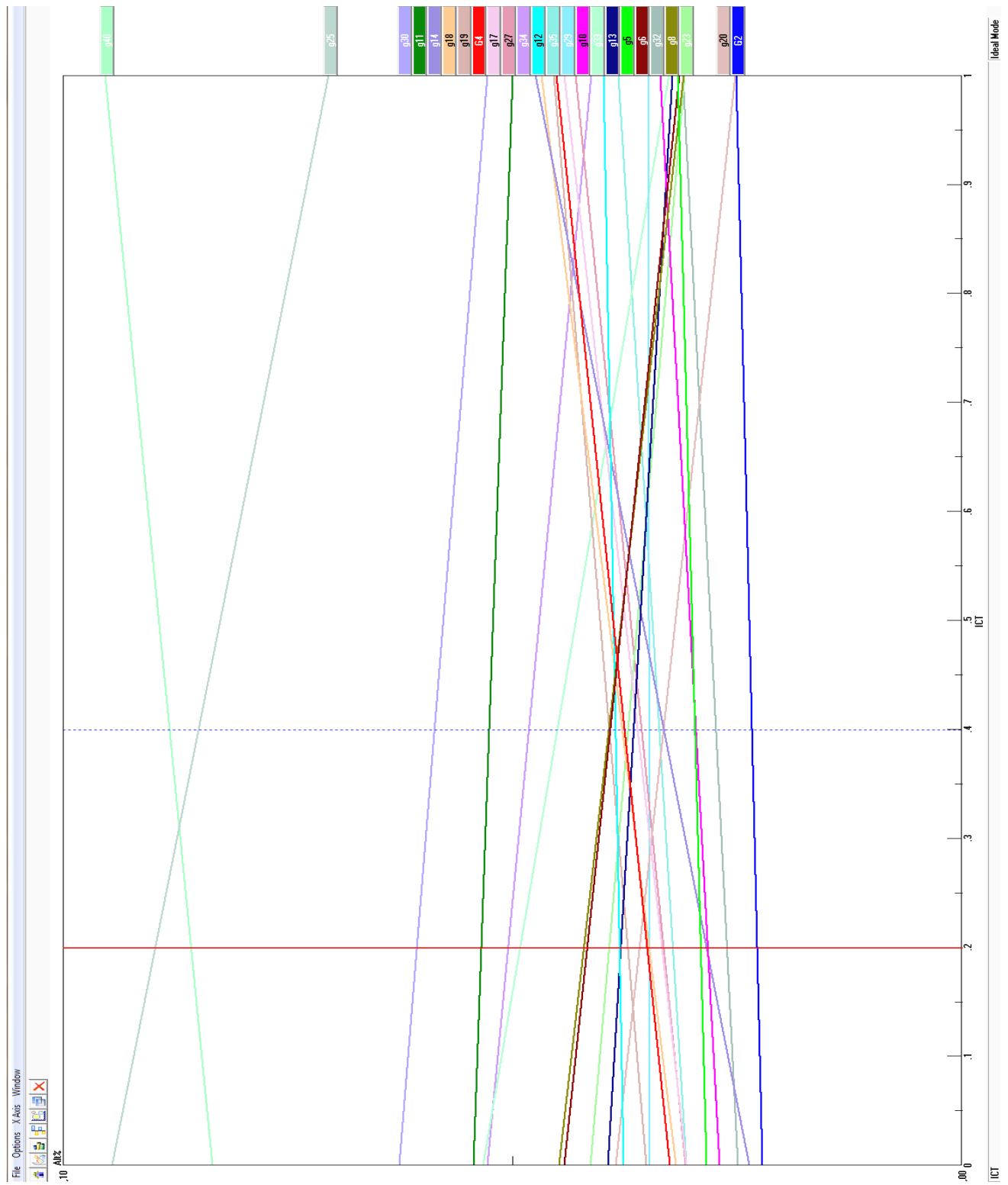
7.2 ANALIZA OSJETLJIVOSTI

Analiza osjetljivosti predstavlja posljednji korak u procesu odlučivanja i omogućava nam da se uoči na koji će način male promjene u ulaznim podacima utjecati na konačan ishod. Ukoliko se poredak ne mijenja rezultati su robusni tj. nisu podložni promjeni. Analizu osjetljivosti je u našem slučaju najbolje provesti u interaktivnom sučelju Expert Choice-a koje omogućava trenutni uvid u stanje promjene svih 41 jedinica uzetih u analizu nakon što se ulazne težine izmijene. Ovaj nam alat omogućava simulaciju promjena težina istovremeno za sve kriterije na istoj hijerarhijskoj razini i u istom grafičkom sučelju.

Analiza osjetljivosti može se u Expert Choice-u provesti u nekoliko modova. U ovom je slučaju odabran onaj adekvatniji za prikaz tj. opcija Gradient i Dynamic.

Prva od opcija koja je odabrana je opcija Gradient u kojoj se graf sastoji od jedne horizontalne osi na kojoj je interval od 0 do 1 podijeljen u na 10 jednakih dijelova, te dvije vertikalne osi koje su povučene u točkama 0 i 1. Pogledamo li graf prikazan na slici niže vidi se da su na horizontalnu os nanosena vrijednost težine kriterija ICT u odnosu na ostale kriterije čija vrijednost težine iznosi 0.2 tj 20%.

Slika 7.6 Graf analize osjetljivosti obzirom na postavljeni cilj i prvu razinu kriterija

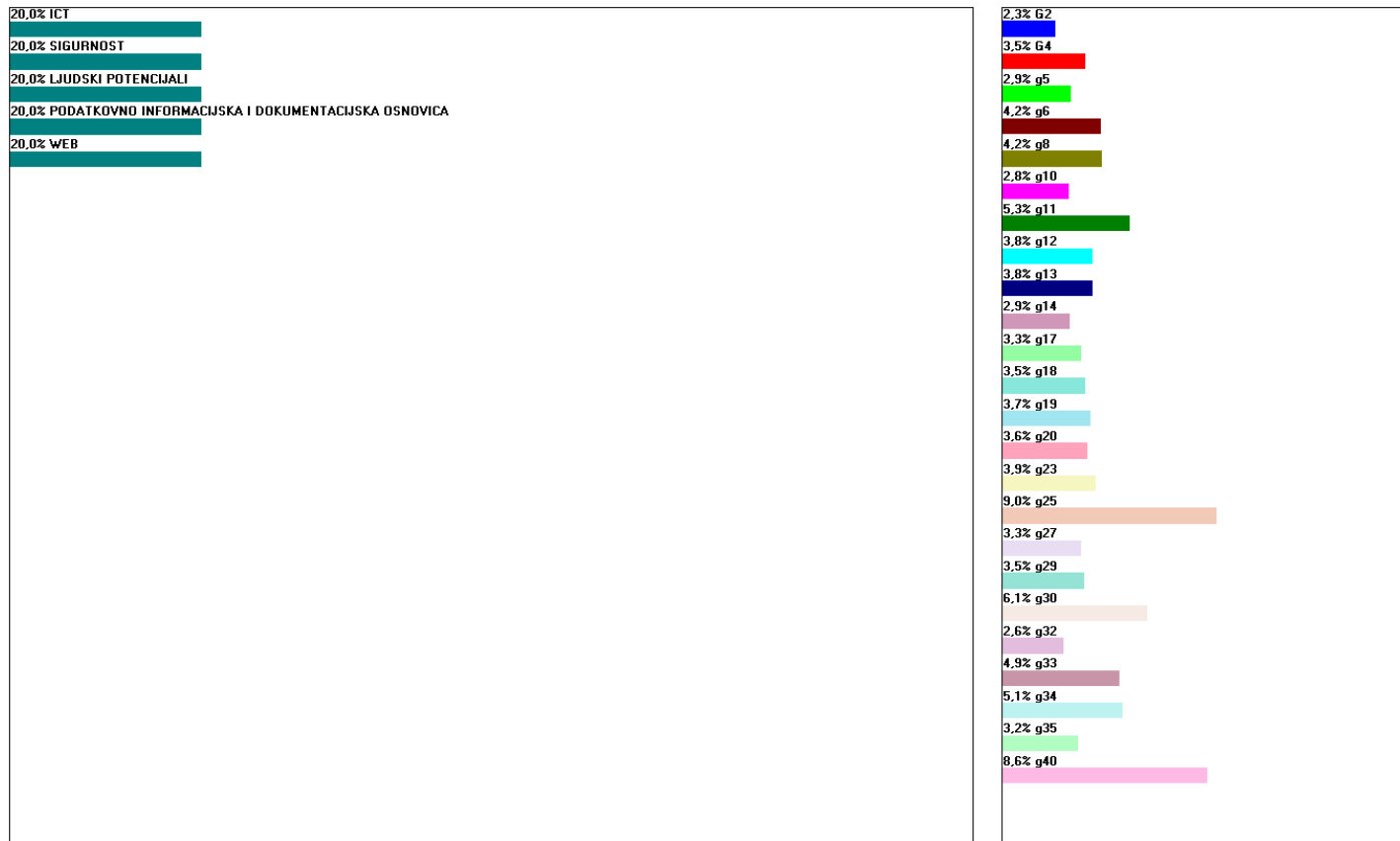


Izvor: Izradio autor

Na Vertikalnu os s desne strane (okomica iz točke 1) nanesene su vrijednosti prednosti alternativa u odnosu na kriterij ICT infrastruktura, a na lijevu okomicu (podignutu u točki 0) nanose se opće tj.konačne prednosti alternativa. Prednost kriterija ICT u odnosu na ostale prikazana je vertikalom iz točke 0.2 na horizontalnoj osi. Kada se spoje odgovarajuće točke lijeve i desne strane dviju osi ordinata dobivaju se pravci za svaku pojedinu gradsku upravu kako je to prikazano na slici?. Kao što se vidi, svaki je pravac označen u drugoj boji kako bi se lakše pratila promjena.Iz slike je vidljivo da ukoliko se prioritet kriterija ICT poveća za dvostruko, tj. ako prednost kriterija ICT sa 20% povećamo na 40 % tada će se promijeniti i odnos prednosti nekih od promatranih gradova pa će tako npr.na razini prioriteta ICT-a od 20% grad g_{25} imati veću prednost od grada g_{40} dok će se promjenom prioriteta kriterija na 40 % (vidi iscrtkanu liniju na grafu) ta situacija promijeniti i tada će grad g_{40} imati prednost u odnosu na grad g_{25} i time će se njihov poredak promijeniti. Iz grafa je također vidljivo da se za bilo koji pomak vrijednosti prioriteta promatranog kriterija za određene gradove situacija neće uopće promijeniti jer se radi o gotovo međusobno paralelnim pravcima.

Pogledamo analizu osjetljivosti u prozoru Dynamic vidjet ćemo da kriterij ICT u odnosu na ostale kriterije sa 20% zastupljenosti doprinosi prioritetima alternativa.

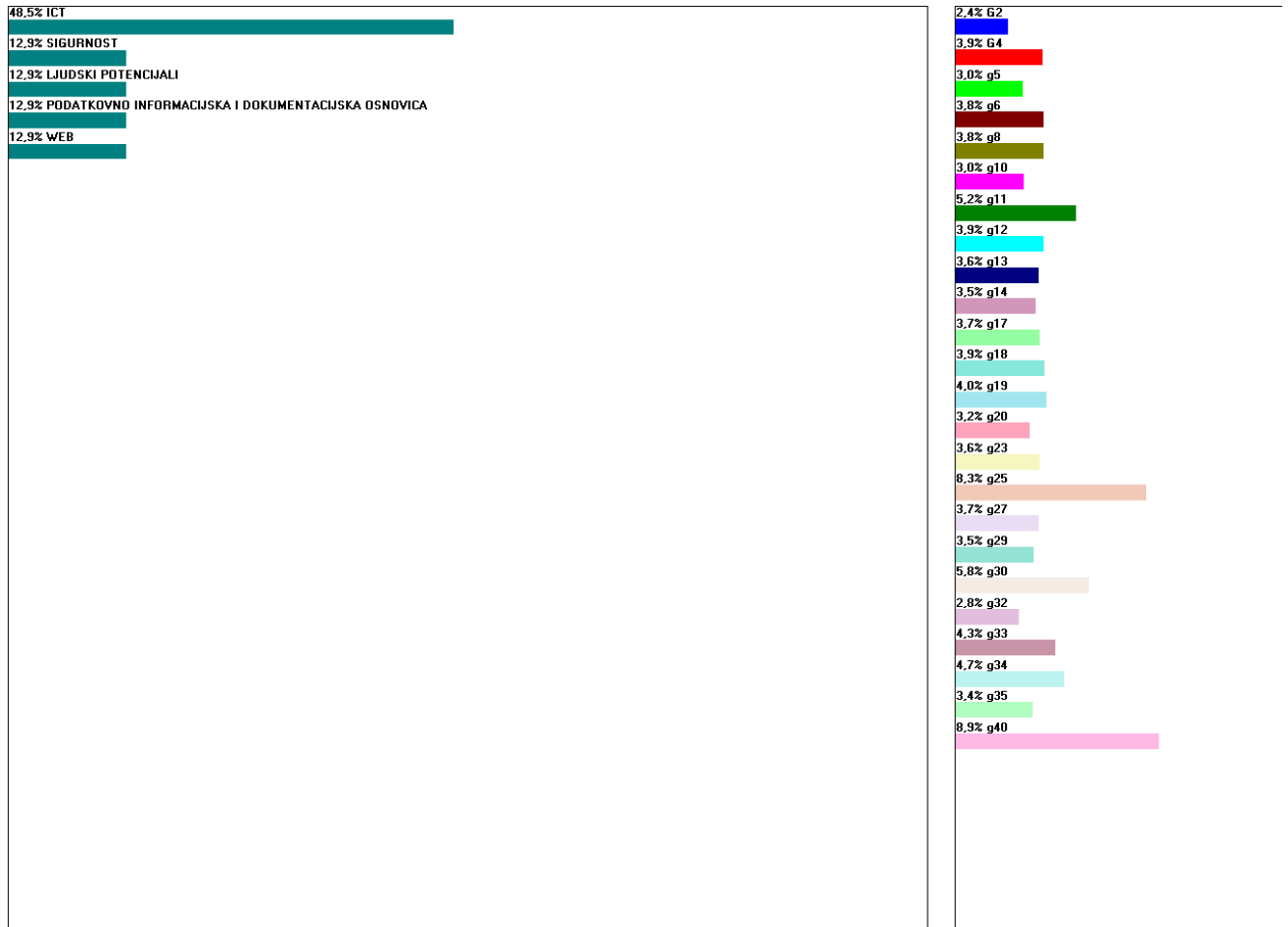
Slika 7.7. Dynamic opcija prve razine kriterija



U ovom je prozoru moguće vidjeti kako se dinamički mijenjaju prioriteti alternativa u odnosu na promjenu težina pojedinih kriterija. U lijevoj strani prozora se vide grafički prikazane težine kriterija, a na lijevoj strani ukupni prioriteti alternativa. U lijevom je prozoru moguće mijenjati težine svakog kriterija te istovremeno promatrati što se u lijevom prozoru dešava s ukupnim prioritetima alternativa tj. kako se ta promjena odražava na njihove ukupne prioritete. Na drugoj je slici (Slika 7.8) ta promjena i prikazana te je vidljivo kako su se te promjene u težinama kriterija odrazile na prioritete alternativa te je tako grad g_{40} u odnosu na grad g_{25} promijenio mjesto, jer sada prvi kriterij sudjeluje s 48% zastupljenosti u doprinosu prioriteta

alternativama, ali je isto tako vidljivo da su se postoci preostala četiri kriterija promijenila tj. smanjila obzirom na povećanje prvog.

Slika 7.8. Opcija Dynamic obzirom na promjenu prioriteta prvog kriterija



Expert Choice također ima mogućnost usporedbe svake dvije alternative međusobno obzirom na pojedini kriterij.

Promotrimo li prozore koji nam pokazuju grafove analize osjetljivosti za 19 efikasnih gradova prema DEA metodi, možemo reći da su dobiveni rezultati doista robusni i da nisu osjetljivi na male promjene ulaznih podataka. Tek ukoliko se neki prioritet ili težina glavnih kriterija

značajnije promijene, može se reći da će doći do promjene u ukupnom poretku alternativa. Ista je situacija i sa kriterijima na nižoj razini. Najznačajnija promjena je vidljiva prilikom ispitivanja osjetljivosti promjene težina kriterija podatkovno informacijske osnovice i WEB-a. U te su dvije kategorije gradovi u sličnim pozicijama i promjenom težine na njihove podkriterije mogle bi se dogoditi neke vidljive promjene u poretku alternativa, ali još uvijek ne među prve dvije.

Analiza osjetljivosti na uzorku od 41-og grada je pokazala da osim u ekstremnim situacijama, a to su one kada se težine odabranih kriterija značajno promijene, neće narušiti dobiveni poredak alternativa u odnosu na zadani cilj. Samo u slučaju kad jedna od pet glavnih alternativa značajno promijeni težinu doći će i do vidljive promjene u poretku gradova na rang listi.

7.3 MJERE I PRIJEDLOZI ZA UNAPRJEĐENJE ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

U cilju usklađivanja standarda nužnih za integraciju RH u Europsku Uniju neophodno je postići istovjetnu razinu tehnološke razvijenosti svih gradskih uprava u RH. S druge strane, vlada Republike Hrvatske kroz Središnji ured za e-Hrvatsku dužna je osigurati strategije razvoja i zakonsku regulativu na čijem temelju će počivati razvoj digitalnih servisa gradskih uprava. Strategija bi trebala definirati i standardizirati istovjetnu razinu e-usluga svih gradskih uprava. Cilj je postići standard usluga kakve nalažu smjernice Europske unije za razvoj i implementaciju e-uprave. Nažalost, trenutno stanje razvoja gradskih uprava u RH na razini je država članica EU iz 2000g. Uzrok tome je činjenica da se strategija vlade RH orijentirala prvenstveno na usklađivanje sa strategijom pravilnika EU, pritom zaboravljajući u potpunosti na lokalnu upravu. Razvoj lokalne uprave je prepušten samim tijelima gradova puštajući da oni sami definiraju kvalitetu usluge, tehnološku razvijenost infrastrukture te procedure i smjernice u čuvanju samih podataka. Takav stav je rezultirao šarolikim stupnjem razvoja e-usluga gradskih uprava, drastičnim razlikama u tehnološkoj razvijenosti te najčešće informacijsko komunikacijska tehnologija nije uopće prepoznata kao temelj za razvoj efikasne, pristupačne i brze uprave. Žalosna je činjenica da ICT kao tehnološki temelj za preoblikovanje poslovnih procesa i

povećanja učinkovitosti nije uopće prepoznat od strane čelnštva gradskih uprava. Kao rezultat svega navedenog ne može se govoriti o razvoju i poboljšanju e-usluga već je nužno u prvom koraku automatizirati sve poslovne procese gradskih uprava te definirati jedinstvenu tehnološku platformu i standarde za prikupljanje, obradu i skladištenje podataka. Također je nužno definirati standarde interoperabilnosti između svih tijela javne uprave. Tek u trenutku kada se završi taj proces stvorit će se temelj za učinkovit i pouzdan razvoj e-uprave na lokalnoj razini. Razvoj i pružanje digitalnih usluga javnih tijela ne smije biti prepušteno samoinicijativnoj implementaciji lokalnih tijela bez definiranja nužne razine sigurnosti i kvalitete usluge. Trenutno stanje implementacije koje se odvija u nekim lokalnim upravama intenzivno, ali na žalost nesistematično i stihijski, bez ikakve kontrole, može nažalost rezultirati suprotnim učinkom od željenog. Pružanje e-usluga građanima uz povremene ispade u pružanju usluga rezultirat će nepovjerenjem istih. Aspekt tajnosti i sigurnosti osobnih podataka građana nije uopće prepoznat kao mogući problem. Za rješavanje spomenutog problema potrebno je u prvom koraku stvoriti zakonski temelj koji će obuhvatiti sve potrebne elemente za pružanje digitalnih Usluga javnog i gospodarskog sektora. Omogućiti prije svega sigurnost, integritet i tajnost osobnih podataka koji su digitalno uskladišteni te koji će adekvatno sankcionirati svaku zloupotrebu ili nesavjesno postupanje kako pružatelja tako i primatelja usluga. U drugom koraku nužno je precizno definirati strategiju razvoja e-uprave na razini lokalnih tijela uz preciziranje standarda koji će omogućiti da se dosegne planirana razina tehnološke razvijenosti i kvaliteta pružanja usluga u definiranim vremenskim okvirima. Također je potrebno osigurati financijska sredstva za ona tijela lokalne uprave čiji proračun ne bi mogao podnijeti financijski izdatak jednog ovakvog projekta. Svakako bi najkvalitetnije i najbolje rješenje postigli ukoliko bi takav projekt vodila država uz maksimalno korištenje europskih predpristupnih fondova koji su namijenjeni zemljama predčlanicama s ciljem da unaprijede stupanj razvoja sa standardima koje pred njih postavlja EU.

7.4 MOGUĆNOSTI DALJNJEG ISTRAŽIVANJA PRIMJENE ELEKTRONIČKOG POSLOVANJA

Ovaj rad promatra efikasnost elektroničkog poslovanja gradskih uprava kroz pet aspekata uzimajući u obzir aktualne industrijske standarde u ICT tehnologiji kao i smjernice razvoja EU za e-upravu. Analogija ovog istraživanja može se primijeniti na bilo koje tijelo javne uprave ili

gospodarski subjekt. Sukladno tezama koje su navedene u samom radu e-poslovanje mijenja poslovne procese bilo kakvog subjekta i konstantno je izloženo rizicima modernog doba te je stoga nužno konstantno provoditi reviziju elektroničkog poslovanja u skladu sa napretkom tehnologije i rizicima koje ona donosi. Mišljenje je autora da bi ovakvo istraživanje trebalo provesti na svim tijelima javne uprave u cilju analize trenutne situacije, konsolidiranja tehnološke platforme i implementaciji e-usluga u skladu sa najvišim standardima. Ne treba zaboraviti da e-upravu u Republici Hrvatskoj čine sva tijela javne uprave koja svoje poslovanje baziraju na ICT tehnologiji, bilo da je riječ o sustavu koji u potpunosti temelji svoje poslovanje na ICT platformi poput gradskih uprava, županijskih ureda, ministarstava, općina ili sustavu koji ICT tehnologiju koriste kao pomoćno sredstvo u pružanju usluga poput bolnica, škola, fakulteta. Treba naglasiti da ono što je potrebno osigurati kako bi Republika Hrvatska postala moderno društvo bazirano na visokoj tehnologiji sa otvorenom razmjenom informacija, a pritom bilo pouzdano i sigurno, je istovjetna tehnološka razvijenost i educiranost svih subjekata u tom lancu.

Nužno je već uspostavljene e-usluge konstantno razvijati u skladu s razvojem same ICT tehnologije kako sama usluga ne bi došla u raskorak s novom tehnologijom, a samim time i do pada njezine kvalitete. Ovaj rad pruža temeljnu analizu trenutačnog stanja gradskih uprava koje je istovjetno nivou kakav je imao suvremeni svijet 10 godina ranije. Razina e-usluga kakvu danas ima EU opetovano je podložna poboljšanjima, jer postoji konstantna tendencija za usavršavanjem i poboljšavanjem usluga koje se nude.

U nadi da će e-uprava u RH dostići stupanj razvoja Europske Unije ovo istraživanje bi bilo zanimljivo provesti na razini gradova EU da bi se dobila realna slika koliko su jedinice gradske uprave RH u okvirima Europske Unije zaista efikasne.

8. ZAKLJUČAK

Elektroničko poslovanje, kao jedan od generatora gospodarskog i socijalnog razvoja, predstavlja bitan čimbenik funkcioniranja modernog društva te sastavni dio globalizacijskog procesa. U takvom okruženju informacije predstavljaju ključni resurs za uspješno poslovanje te je od presudne važnosti njihova brza razmjena među svim subjektima u poslovnom procesu. Proces digitalizacije uključuje se u sve razine života, od poslovne pa sve do one privatne, mijenjajući način interakcije među ljudima, njihovu životnu okolinu i navike, pa se prirodno nameće pitanje kako se te promjene reflektiraju na institucije i njihovo poslovanje.

Moderna e-uprava stavlja građane u središte svojih poslovnih procesa, nudeći im maksimalnu dostupnost svojih eUsluga 24 sata dnevno 365 dana u godini uz istovremeno veliku pouzdanost i sigurnost podataka. Visoka tehnologija sa druge strane donosi cijeli niz opasnosti i mogućnosti zloupotreba koje predstavljaju veliku prijetnju elektroničkom poslovanju.

Iz navedenih razloga odlučeno je da se u ovom radu ispita koliko je digitalizacija poslovnih procesa zaživjela i na razini gradskih uprava te koliko se uspješno ona provodi. Izazov implementiranja jednog tako kompleksnog procesa je velik, jer je potrebno naći kompromis između cijelog niza aspekata kao što su npr. sigurnost i otvorenost, kako modernizacija lokalne uprave ne bi rezultirala suprotnim efektom od učinka i uzrokovala gubitak povjerenja građana u sustav.

Analizom prikupljenih podataka anketnim upitnikom može se zaključiti da je elektroničko poslovanje provedeno na uzorku gradskih uprava u ogromnom tehnološkom, organizacijskom i konceptualnom raskoraku sa trenutnim stanjem implementacije i razvoja lokalnih e-uprava u razvijenim zemljama EU⁸⁶. Ova se tvrdnja može potkrijepiti i činjenicom da prilikom ispitivanja anketnim upitnikom niti jedna gradska uprava za dva pokazatelja dobrog e-poslovanja, a to su ocjena zrelosti web servisa i ocjena upravljanja informatikom prema COBIT modelu, nisu ocijenjena maksimalnom ocjenom. Tu činjenicu potvrđuje i dokument koji ocjenjuje e-spremnost

⁸⁶Local eGovernment Bench-learning Report: <http://www.epractice.eu/files/Local%20eGovernment%20Bench-learning%20Report.pdf>

svih članica EU, a prošle je godine u tu analizu uključena i Republika Hrvatska za koju se konstatiralo da još nije dosegla stupanj zrelosti⁸⁷.

Iz strategije razvoja e-uprave u Republici Hrvatskoj jasno je vidljivo da se žuri s usuglašavanjem zakonske regulative za razvoj e-uprave samo u onim segmentima u kojima je to uvjet za priključenje EU, dok je razvoj e-usluga lokalne uprave spomenut samo u cilju zadovoljenja forme. Razvoj e-uprave u nekim gradovima je tek u fazi stvaranje bazične tehnološke platforme uslijed nedostatka specijalističkih znanja kadrova i nerijetko ograničenih proračunskih sredstava svedenih prvenstveno na održavanje postojećeg stanja.

Veliki broj lokalnih uprava RH je tek u fazi automatizacije poslovnih procesa i procesu digitaliziranja svojih podataka. Proces informatizacije se uvodi stihijski i često bez međusobnog povezivanja svih poslovnih procesa u jedan jedinstveni sustav i stoga je potrebno sistematično i planski ulagati u e-poslovanje jer se time ubrzavaju i optimiziraju poslovni procesi te smanjuje potreba za ljudskim kadrom. Nasuprot tome nesistematično implementiranje e-poslovanja iziskivat će dodatne troškove i nerijetko rezultirati dodatnim troškovima u održavanju, bez optimiziranja poslovnih procesa i povećavanja njihove učinkovitosti. Komunikacijski kanali za razmjenu podataka sa građanima i gospodarskim sektorom uglavnom su svedeni na web mjesta sa mogućnošću preuzimanja digitalnog obrasca, ali bez online ispunjavanja i razmjene podataka. Za razliku od toga u gospodarskom sektoru se komunikacija sa klijentima provodi putem dlanovnika i mobilnih uređaja, dok gradske uprave nemaju uopće prilagođena web mjesta za pregledavanje sadržaja na takvim uređajima bez obzira što statistički pokazatelji govore da je u RH u 2010g. bilo 6 miliona mobilnih uređaja. Razlog takvoj kaotičnoj situaciji se nalazi u tome što je digitalizacija gradskih uprava prepuštena lokalnim vlastima koji nemaju definirane smjernice za digitalizaciju procesa i sustava na lokalnoj razini. U radu se uočava nedostatak krovne institucije koja će donositi obvezujuće propise i standarde te osigurati njihovo provođenje (primjer HNB-a za elektroničko poslovanje hrvatskih banaka) kao i nedostatak educiranosti menagerskog kadra na području IT tehnologije.

Globalne opasnosti poput virusa i računalnih napada koje prijete elektroničkom poslovanju predstavljaju veliki problem tehnološki mladim e-upravama čija svijest i znanje djelatnika o sigurnosti ICT-a nije dovoljno razvijena te one ujedno predstavljaju i najčešće prijetnje e-poslovanja u RH.

⁸⁷ vidi Slika 5. 2 u poglavlju 5 ovog rada.

Efikasnost elektroničkog poslovanja je teško mjeriti, jer nije jednostavno identificirati skup faktora koji se treba uzeti u analizu ovog problema budući da je opisan cijelom jednom teorijom i nizom čimbenika koji sudjeluju u poboljšanju njegova funkcioniranja. Razvoj analize omeđivanja podataka motiviran je upravo potrebom da se ocjeni efikasnost rada neprofitnih organizacija kao što su bolnice, škole, banke. Utvrđeno je obzirom na činjenicu da su gradske uprave neprofitne jedinice na čije funkcioniranje poslovanja utječe cijeli niz pokazatelja koji su kvalitativne prirode da je analiza omeđivanja podataka pogodna za rješavanje problema ocjene efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava. Kako se radi o cijelom nizu pokazatelja koji sudjeluju u analizi sustava, analitički hijerarhijski proces poslužio je kao filter da se u analizu omeđivanja podataka odaberu baš adekvatni ulazni i izlazni podaci koji opisuju problem određivanja efikasnosti e-uprave. Pored velikog broja kvalitativnih ulaza koji se trebaju uzeti u analizu, trebalo je dobro razmisliti koje vrijednosti uzeti kao izlaze, budući da su jedinice gradske uprave neprofitne ustanove, koje nemaju mjerljivih izlaza poput dobiti, količine proizvedenog dobra i sl. Obzirom na proučenu literaturu i iskustva osoba s područja IT-a u analizu su uzeti pokazatelji efikasnosti digitalnog poslovanja koji su morali biti ocijenjeni obzirom na određenu metodologiju da bi se dobile vrijednosti u numeričkom obliku kao što je to ocjena stupnja zrelosti upravljanja informatikom prema COBIT modelu i stupanj razvijenosti web servisa te klasifikacija obzirom na broj kvarova. Prilikom ocjenjivanja uspješnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava potrebno je bilo uzeti u obzir više raznorodnih ulaza i izlaza te je isto tako bilo u određenim segmentima neophodno riješiti i problem njihove agregacije u jedan virtualni izlaz.

Obzirom na kompleksnost procesa izgradnje e-uprave, gradovi su postali svjesni da kroz iskustva drugih mogu naučiti puno više nego suočavajući se sami s izazovom digitalizacije te je pokrenut projekt benchlearning e- Government. "Benchlearning" je edukacijska metoda kojom se stječe bolje razumijevanje i znanje o vlastitom poslovanju promatrano u usporedbi s drugima u cilju ostvarivanja boljeg učinka. Kako su pojedini gradovi kroz benchlearning stvorili ideju o potrebi za međusobnim uspoređivanjem u cilju poboljšavanja vlastite e-uprave, analiza omeđivanja podataka kao neparаметarska metoda koja ispituje relativnu efikasnost jedinica koje se analiziraju savršeno se uklopila u ispitivanje efikasnosti elektroničkog poslovanja, jer ne determinira vrstu varijabli niti mjerne jedinice koje se uključuju u analizu. Isto je tako bitna činjenica da je dobivenim rezultatima uz pomoć AOMP omogućeno neefikasnim jedinicama da iskoriste informaciju o sugeriranim promjenama (projekcijama) kako bi poboljšale svoje

poslovanje, međutim, potrebno je imati na umu da ona ne daje smjernice i za dostizanje apsolutne efikasnosti. Osnovni modeli analize omeđivanja podataka ne daju razlike u ocjenama među efikasnim jedinicama pa su obzirom na to njezino svojstvo one neusporedive, međutim one su naknadno analizirane modelom za ocjenu superefikasnosti i analitičkim hijerarhijskim procesom koje su omogućile da se diferenciraju i efikasne jedinice. Matematički alati korišteni u ovom radu nam daju relativnu efikasnost elektroničkog poslovanja gradskih uprava koja je uglavnom na sličnom stupnju razvoja, međutim sve gradske uprave su daleko od apsolutne efikasnosti koja je neophodna da bi se postavio temelj za funkcioniranje e-uprave kakvu danas imaju gradovi EU. Ova analiza je korisna budući su granicu efikasnosti formirali najučinkovitiji hrvatski gradovi čime se omogućava da se njihova iskustva preslikaju na ostale u cilju postizanja najveće efikasnosti s najmanje uloženi resursa. Time bi se postiglo da se razina efikasnosti elektroničkog poslovanja na određeni način uniformira kako bi svi gradovi u RH nudili istu razinu e-usluga građanima što je i u skladu s Ustavom RH.

Osvrnemo li se na korištenu metodologiju može se reći da su dvije odabrane metode prikladne za tip problema na kojem se je provelo istraživanje, budući da je ispitivanje efikasnosti elektroničkog poslovanja područje koje obiluje podacima nekvantitativnog karaktera koji su AHP i DEA metodom mogli biti uključeni u istraživanje. U analizi omeđivanja podataka korišteni su CCR i BCC modeli kojima je utvrđeno da je 44%, odnosno prema BCC modelu 58% gradskih uprava ocjenjeno relativno efikasno obzirom na implementirano e-poslovanje. Osvrnemo li se na sumarne rezultate dobivene AOMP može se reći da prosječna CCR efikasnost JO iznosi 0,834569, što znači da prosječna JO ukoliko želi poslovati na granici efikasnosti treba uz ostvarenu razinu outputa koristiti 19,8% manje resursa. Prema BCC modelu prosječna efikasnost iznosi 0,924523 što znači da prosječna JO ukoliko želi poslovati na granici efikasnosti uz ostvarenu razinu outputa treba smanjiti resurse za 8,22%. Također je vidljivo da su srednje vrijednosti efikasnosti vrlo visoke i iznose 83% za CCR, odnosno 92% za BCC model, dok se najmanja razina relativne efikasnosti kreće od 0,49787 (prema CCR), odnosno 0,502475 (prema BCC modelu). Uzrok tako visokom postotku relativno efikasnih jedinica može se pronaći u činjenici da se gradske uprave u RH nalaze u početnoj fazi implementacije e-poslovanja pa se razlike među njima još uvijek nisu stvorile, a isto tako je taj postotak moguće objasniti velikim brojem inputa i outputa (sveukupno 11) koji je uzet u analizu čime je broj relativno efikasnih jedinica puno veći nego da je provedena analiza s manjim brojem inputa i outputa. Također je

potrebno naglasiti da su svi odabrani inputi pozitivno korelirani s odabranim outputima što govori da su inputi i outputi dobro odabrani.

Rezultati koji su dobiveni kombinacijom ove dvije metode potvrdili su očekivanja uz manja odstupanja prilikom rangiranja efikasnih jedinica, međutim te su razlike vjerojatno nastale radi subjektivne komponente analitičkog hijerarhijskog procesa pri određivanju težina kriterija i prioriteta alternativa od strane stručnjaka, a isto tako iz razloga što se kriterijima koji su uzeti kao ulazi i izlazi u analizi omeđivanja podataka, dodalo još nekoliko dodatnih kriterija koji su utjecali na ishod dobiven AHP metodom. Ove dvije metode su se svojim karakteristikama u potpunosti uklopile u istraživanje o efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava, međutim uočeni su i nedostaci svake od njih. Naime, rezultati koji se dobiju analizom omeđivanja podataka su osjetljivi na odabir inputa i outputa, te kao što je već rečeno, broj relativno efikasno ocijenjenih jedinica povećavat će se s porastom broja inputa i outputa. Iz oba navedena razloga ključno je konzultirati se sa kompetentnom osobom s područja informacijske tehnologije kako bi se učvrstila objektivnost metode. Analitički hijerarhijski proces pokazao se kao dobar u rješavanju kompleksnog problema radi mogućnosti raščlambe u hijerarhijsku strukturu, ali za razliku od analize omeđivanja podataka daje premalo izlaznih informacija, a i ukoliko se pojavi dodatna alternativa teže se prilagođava promjeni i zahtjeva prilagodbu problemu.

Radi nedostupnosti podataka i potpuno različitih načina implementacije e-poslovanja u radu nije bilo moguće usporediti jedinice gradske uprave RH sa vodećima u svijetu, jer primjerice u Velikoj Britaniji su svi servisi (plaćanje el energije, vode i dr) pod ingerencijom gradske uprave, a u RH pod državnom ingerencijom. Međutim, obzirom na indeks e-spremnosti prema kojem je RH rangirana na 54 mjestu i prema kojem je istraživanje provedeno samo na institucijama državne razine čija je e-usluga na puno boljem stupnju razvoja od gradskih uprava koje pripadaju lokalnoj razini, na temelju dobivenih podataka i provedene analize može se zaključiti da e-poslovanje gradskih uprava na lokalnoj razini tek zaživljava i nalazi se, ovisno o pojedinoj gradskoj upravi, u prve dvije faze razvoja tj. u fazi nastajanja te svega nekoliko u fazi razvoja. Razlog tako lošeg stupnja razvoja e-poslovanja gradskih uprava nalazi se i u činjenici da se je kroz dokument *Strategija razvoja elektroničke uprave u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2009-2012 g.* fokusiralo isključivo na implementaciju i razvoj e-poslovanja državnih institucija, dok su one na lokalnoj razini prepuštene inicijativi menadžerskog kadra.

Doprinos ovog rada prvenstveno se očituje u definiranju praktičnih mjera u vidu projekcija (dobivenih od strane AOMP) koje bi menadžment neefikasnih jedinica gradskih uprava trebao poduzeti kako bi postale efikasne i nizu prijedloga koje se sugeriraju na temelju proučene literature, a omogućavaju poboljšanje e-poslovanja gradskih uprava.

Buduća istraživanja bi se, prema mišljenju autora, trebala fokusirati na ostalim mogućnostima koje pruža analiza omeđivanja podataka, a to su mogućnosti korištenja kategorijskih varijabli prema kojima bi se gradske uprave podijelile u tri kategorije obzirom na veličinu gradova. Nadalje, postoji mogućnost korištenja ograničenja za težine pojedinih inputa (outputa) koji su manje važni u ocjeni efikasnosti e-uprave (kao što je to npr. broj djelatnika). Postavljanjem ograničenja na težine onemogućio bi se veći utjecaj manje bitnih faktora u analizi omeđivanja podataka te bi se tako dobili rezultati koji bi bili realniji. Nadalje, buduće istraživanje moguće usmjeriti u pravcu da se pokušaju dobiti podaci za gradove EU u kojima se provodi najbolja praksa e-uprave da se vidi u kojem bi smjeru trebale krenuti i gradske uprave koje su ocijenjene efikasnim kako bi se što prije približile apsolutnoj efikasnosti. U teoretskom smislu moguće je pokušati kombinirati analizu omeđivanja podataka i analitički hijerarhijski proces na način da se analitičkim hijerarhijskim procesom na temelju mišljenja stručnjaka odrede lokalne težine kriterija i alternativa, nakon čega se generiraju globalne težine za pojedini kriterij kojima bi se u svojstvu inputa ili outputa u analizi omeđivanja podataka postavila ograničenja na težine čime bi kombinacija ovih dviju metoda dobila novu dimenziju. Nadalje, također je moguće u AHP metodu ugraditi elemente neizravne logike čime bi se smanjila mogućnost nepreciznog donošenja odluke prilikom dodjele težina kriterijima i lokalnih prioriteta alternativama. Treba također naglasiti da bi se u budućim istraživanjima mogla primijeniti analiza prozora za duži vremenski period čime bi se omogućilo formiranje trenda relativne efikasnosti elektroničkog poslovanja za svaku gradsku upravu.

LITERATURA

1) KNJIGE

1. Anderson, R.J.: Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems, 1st edition , John Wiley & Sons, Inc. New York,2001.
2. Basta A.; Halton W.,: Computer Security and Penetration Testing, Delmar Cengage Learning; 2007.
3. Berge C.: Theory of Graphs and Its Applications, Wiley, New York,1962.
4. Berge, C. , Topological Spaces. New York: Macmillan, 1963.
5. Blumenthal, A. L. The Process of Cognition, Prentice Hall, 1977
6. Bosworth, S.;Kabay M.E.:Computer Security Hanbook, John Wiley and Sons, New York, 2002.
7. Cooper, W., Seiford, L., Tone K.: Introduction to Dana Envelopment Analysis and Its Uses, Springer , 2006.
8. De la Fuente A., Mathematical Methods and Models for Economists. Cambridge, Cambridge University Press, 2000.
9. Douglas Robert Stinson;Cryptography: theory and practice,CRC Press,1995
10. Dowling Edward T.; Introduction to mathematical economics, Shaum's Outline Series, McGraw-Hill, 2001.
11. Ford F.: Infosecurity 2008 Threat Analysis, Elsevier, Burlington, 2008.
12. Golden, B.L.; Wasil E.A.: The Analytic Hierachy Process- Applications and studies, Springer-Velag, New York, 1989.
13. Gordon, L.A.; Loeb, M.P.: Managing Cyber Security Resources – A Cost-Benefit Analysis, McGraw-Hill, New York, 2006.
14. Group of Authors: Agressive Network Self- Defense, Syngress Publishing, Rockland, 2005.
15. Heichlinger, A.: eGovernment in Europe's Regions: Approaches and Progress in IST Strategy, Organisation and Services, and the Role of Regional Actors, 2004.

16. Howard, M.; LeBlanc D.: Writing secure code, Microsoft Press, Redmond, Washington, 2002.
17. Hurley, C; Purchol, M.; Rogers, R.; Thorton F. : WarDriving: Drive, Detect, Defend: A Guide to Wireless Security, Syngress Publishing, Rockland, 2004.
18. Hwang, C.L.; Lin,M.J.: Group Decision Making Under Multiple Criteria: Methods and Applications, Springer, Berlin,1987.
19. Hwang, C.L.; Yoon, K.: Multiple Attribute decision Making : Methods and Applications, Springer, Berlin,1981.
20. Jacca J.R.: Computer Forensics: Computer Crime Scene Investigation, Charles River Media, Hingham, 2002.
21. Lam, K.; Le Blanc D.; Smith B.: Assessing Network Security; Microsoft Press, Washington, 2004.
22. Lehtinen, N.,Gangemi G.T.: Computer Security Basics , O'Reilly Media, Inc.; 2 edition, 2006.
23. Lootsma F.A. Multi-criteria decision analysis via ratio and difference judgement. Dordrecht: Kluwer; 1999.
24. Lootsma Freerk A. : Fuzzy Logic for Planning and Decision Making, Kluwer Academic Publishers, London,1996.
25. Neralić Luka, Uvod u matematičko programiranje1, Zagreb, ELEMENT, 2003.
26. Panko, R.: Corporate Computer and Network Security, Prentice Hall, USA, 2003.
27. Pavlović I: Kvantitativni modeli i metode u poslovnom odlučivanju; Ekonomski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Mostar, 2005.
28. Philip E. Fites, Martin P. J. Kratz, and Alan F. Brebner. Control and Security of Computer Inforamtion Systems. Computer Sccience Press, Inc., Rockville, MD, 1989.
29. Pleskonjić,D.; Maček N.; Đorđević B.; Carić M.: Sigurnost računarnih sistema i mreža; Mikro knjiga, Beograd, 2007.
30. Rivett, P.: The Craft of Decision Modelling; John Wiley and Sons, New York, 1999.
31. Robinson, M.; Kalakota, R.: E- Poslovanje, Zagreb, Mate d.o.o. 1996.
32. Saaty, T. L.: Analytical Planning, RWS Publications, Pittsburgh,1991.
33. Saaty, T. L.: Decision Making for Leaders, RWS Publications, Pittsburgh,1992.
34. Saaty, T. L.: Decision making with the analytic hierarchy process, International Journal of Services Sciences, Volume 1, Number 1 / 2008, str. 83 - 98

35. Saaty, T. L.: *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh, 2006.
36. Saaty, T. L.: *Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary*, *European Journal of Operational Research*, vol 145, 2003, p 85-91
37. Saaty, T. L.: *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*, *European Journal of Operational Research*, vol 48, 1990, p 9-26
38. Schneier, B.: *Secrets & Lies: Digital Security in a Networked World*. John Wiley & Sons, 2000.
39. Simon C.P. and L.Blume, *Mathematics for economists*, Norton: New York, 1994
40. Singh, S.: *The code book: the evolution of secrecy from Mary Queen of Scots to quantum cryptography*, Random House, New York, 1999.
41. *The Antivirus defense-in-Depth Guide*, Microsoft corporation
42. *The Honeynet Project. Know Your Enemy: Revealing the Security Tools, Tactics, and Motives of the Blackhat Community*. Addison-Wesley, 2001.
43. Varian, Hal R.; *Microeconomic Analysis*. W.W.Norton and Company, 1992.
44. Vintar, M.; Grad, J.: *E-Uprava: Izabrane razvojne perspektive*, Upravna Misel, monografija, 2007
45. Yoon P.K.; Hwang Ching-Lai: *Multiple Attribute Decision Making*; Sage Publications, London, 1995.
46. Zahedi F. *The analytic hierarchy process—a survey of the method and its applications*. *Interfaces* 1986;16(4):96–108.
47. Zelenika, R.: *Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela*, Ekonomski fakultet Rijeka, Rijeka, 2000.

2) ČLANCI

48. Ahmad N.; Berg D.; Simons, G.R.: *The integration of Analytical Hierarchy Process and Data Envelopment Analysis in the multi-Criteria Decision-Making Problem*, *International journal of Information Technology & Decision Making*, vol5(2), 2006, str 263-276.
49. Ahn, B.S.; Park, K.S.: *Comparing methods for multiattribute decision making with ordinal weights*, *Computers & Operations Research*, article in press

50. Akoz, O.; Petrovic D.: A fuzzy goal programming method with imprecise goal hierarchy, *European Journal of Operational Research* 181, 2007, str. 1427–1433
51. Anderson, R.: Why information security is hard - an economic perspective, *Computer Security Applications Conference*, 2001. *ACSAC 2001 Proceedings 17th Annual*, str. 358-365
52. Anderson, P.; Petersen, N.C.: A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, Vol. 39/10, 1993, pp. 1261-1264
53. Araz, C.; Ozifrat, P.M.; Ozkarahan I.: An intergrated multicriteria decision- making methodology for outsourcing management, *Computers & Operations aResearch*, 34, 2007, 3738-3756
54. Babić, Z; Hunjak, T.; Veža I.: [Optimal System Design with Multi-criteria Approach](#), *Global Business & Economics Anthology (Selected Papers from Business & Economics Society International Conference, Firenza, Italy, July 2006.)*. str. 493-502
55. Bahovec, V. ; Neralić L.: "Relative Efficiency of Agricultural Production in County Districts of Croatia", *Mathematical Communications, Supplement, Proceedings of the 8th International Conference on Operational Research KOI 2000 (Editors T. Hunjak and R. Scitovski)*, *Croatian Operational Research Society, Osijek*, Vol. 1, No. 1, 2001, pp. 111-119.
56. Bal, H.; Orkcu, H.: A Goal Programming Approach to Weight Dispersion in Data Envelopment Analysis, *G.U. Journal of Science*, Vol. 20 (4), str. 117-125, 2007.
57. Barron, F., Barrett, B.E.: Decision quality using ranked attribute weights. *Management Science*, 1996, 42 (11), str. 1515–1523.
58. Belton, V.: Project Planning and Priorisation in the Social Services- an OR Contribution, *Journal of the Operational Research Society*, 44, 1993, str. 115-124.
59. Benson, H.: An Outer Approximation Algorithm for Generating All Efficient Extreme Points in the Outcome Set of a Multiple Objective Linear Programming Problem, *Journal of Global Optimization*, 13, 1998, str. 1-24.
60. Beynon, M.: An analysis of distributions of priority values from alternative comparison scales within AHP, *European Journal of Operational Research* 140, 2002, str. 104–117.
61. Choo, E.U.; Wedley, W.C.: Optimal criterion weights in repetitive multicriteria decision making, *Journal of the Operational Research Society*, 36, 1985, str. 983-992.
62. Choo, U.; Schoner, B.; Wedley, W.C.: Interpretation of criteria weights in multicriteria decision making, *Computers & Industrial Engineering*, 37, 1999, str. 527-547

63. Chun Chu L.: A Two –dimensional Model of Allocating Resources to R&D Programs by Integrated Subjective and Objective Decision method, Chinese Management Review, Vol.5,No2; May 2002.
64. Coello, C.;Christiansen, A.: A multiobjective Optimization Toolfor Engineering Design, Engineering Optimization, 31(3),1999, str.337-368.
65. Costa, C.; Stewart, T.J.; Vansnick J-C.: Multicriteria decision analysis: Some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings, European Journal of Operational Research,99, 1997, str. 28-37.
66. Čančer, V : Selection of the information systems' development in enterprises by multi-criteria decision making, Manadžment v teorij a praxi, roč2, 2006, str.10-18.
67. Davey, A. ; Olson, D.:Multiple Criteria Decision Making Models in Group Decision Support, Kluwer Academic Publishers,1998, str, 55-75.
68. Davey, A.; Olson, D.: Multiple Criteria Decision Making Models in Group Decision Support, Kluwer Academic Publishers, 1998, str. 55-75.
69. De Truck, D. M.: The Approach to Consistency in the Analytic Hierarchy Process, Mathematical Modelling 9/3-5, pp 345-352
70. Diwekar, U.M.:Book Review : Introduction to Applied Optimization, European Journal of Operational Research 177, 2007, str. 646–648.
71. Donegan, H.A., Dodd, F.J., McMaster, T.B.: A new approach to AHP decision-making, The Statistician, 1992, 41, str.295–302.
72. Dyer, J.M. : Multriattribute Utility Theory- In: Multiple Criteria Analysis , Springer Verlag, 2004, str.265-285.
73. Dyer, J.S.; Wendell, R.E.: A Critique of the Analytic Hierarchy Process. Working Paper 84/85-4-24, Department of Management, The University of Texas, Austin 1985.
74. Grandzol J.R. : Improving the Faculty selection Proces in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process, Association for Institutional Research, vol.6, 2005.
75. Haines, L.M.: A statistical approach to the analytic hierarchy process with interval judgements. (I), Distributions on feasible reasons. European Journal of Operational Research 110, 1998.112–125.
76. Harker, P.T.: Incomplete Pairwise Comparisions in the Analytic Hierarchy Process, , Mathematical Modelling 9/11, pp 837-848
77. Hunjak, T., Jakovčević, D.: [Višekriterijski modeli za rangiranje i uspoređivanje banaka](#), Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu. 1 2003 , str. 43-61. Karaivanova,J.; Korhonen , S.; Narula, S.; Wallenius, J.; Vassilev, V.: Direction Approach to multiple Objective

- Integer Linear Programming, *European Journal of Operational Research*, 121, 1995, str. 176-187.
78. Hunjak, T.: Mathematical foundations of the methods for multicriterial decision making, *Mathematical Communications* 2 , 1997, str.161-169.
 79. Kok, M., Lootsma, F.A.: Pairwise comparison methods in multi-objective programming with applications in a long-term energy-planning model. Technical Report No. 84-19, Delft University of Technology, 1994.
 80. Kulak, O. and Kahraman, C.: Fuzzy multi-attribute selection among transportation companies using axiomatic design and analytic hierarchy process. *Information Sciences*. v170. 191-210.
 81. Lai, V.S.; Trueblood, R.P.; Wong B.K.: Software selection: a case study of the application of the analytical hierarchical process to the selection of a multimedia authoring system, *Information & Management*, 36,1999,str. 221-232.
 82. [Lewin, A.Y.](#) ; [Morey, R.C.](#): Measuring the relative efficiency and output potential of public sector organizations: An application of data envelopment analysis; *Int. J. Policy Anal. Inf. Syst.* ; Vol/Issue: 5:4, 1982.
 83. Liu, C.M.; Hsu,H.S.; Wang, S.T.; Lee, H.K.: A Performance Evaluation Model Based on AHP and DEA, *Journal of Chinese Institute of Industrial Engineers*, Vol 22(3), 2005., str. 243-251.
 84. Lootsma, F.A.: Scale sensitivity in the multiplicative AHP and SMART, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 2,1993, str. 87–110
 85. Lund, J.R., Palmer, R.N.: Subjective evaluation: Linguistic scales in pairwise comparison methods. *Civil Engineering Systems* 3, 1986, str.182–186.
 86. Ma,J; Fan,Z-P.; Huang, L-H.: A subjective and objective integrated approach to determine attribute weights, *European Journal of Operational Research*, 112,1999, str.397-404.
 87. Mahdi, M.I.;Khaled A.: Decision support system for selecting the proper project delivery method using analytical hierarchy process (AHP), *International Journal of Project Management*,23,2005, str.564-572.
 88. Makui, A. ; Alinezhad, A.; Zohrehbandian, M.: Efficiency evaluation in DEA models using common weights,*International Journal of Mathematics and Statistics*, Vol. 3, 2008.
 89. Matawie, K.M.; Assaf, A.:Efficiency Comparision of Heterogeneous Operational Groups , *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol. 30, 2008
 90. Miettinen, K.; Makela, M.; Interactive Multiobjective Optimization system WWW-NIMBUS on the Internet, *Computer and Operation Research* , 27,2000, str.709-723.

91. Ming, L.; Weiguo, X.: Empirical Research of M&A Impact on Chinese and American Commercial Banks' Efficiency Based on DEA Method , Management Science and Engineering; Vol2, No1, 2008.
92. Moore,D.; Paxson, V.; Savage, S.; Shannon, C.; Staniford, S.; Weaver, N.: Inside the Slammer worm, IEEE Security and Privacy, 2003,1, str. 33–39
93. Noble, E.E., Sanchez, P.P.: A note on the information content of a consistent pairwise comparison judgment matrix of an AHP decision maker, Theory and Decision 34, 1993,str. 99–108.
94. Nunamaker T.R.:Using data envelopment analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: A critical evaluation, [Managerial and Decision Economics](#), Volume 6 Issue 1, Pages 50 – 58, 2006.
95. Ozdemir, M.S.; Gasimov,R.N.: The analytic hiererchy process and multiobjective 0-1 faculty course assignment, European Journal of Operational Research, vol. 157, 2004,str. 398-408.
96. Partovi, F.Y.:Determining what to benchmark: an analytic hierarchy process approach. International Journal of Operations and Production Management. v14 i6. str.25-39.
97. Pasiouras,F.; Gaganis , C.; Zopounidis, C :Multicriteria decision support methodologies for auditing decisions: The case of qualified audit reports in the UK, European Journal of Operational Research 180 , 2007, str. 1317–1330.
98. Peterson, C. H.; Rate and Weight to Evaluate Options, OR/MS Today, april, 1994.
99. Radcliffe,L.L; Schniederjans M.J.: Trust evaluation: an AHP and multi-objective programming approach,Management Decision, 41/6, 2003, str.587-595.
100. Ramanathan, R.: Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process, Computers & Operations Research, 33, 2006, str. 1289–1307.
101. Ruggiero J.: On the measurement of technical efficiency in the public sector, European journal of operational research ,vol. 90, n^o3, 1996. pp. 553-565
102. Saaty, T.L.: A scaling method for priorities in hierarchical structures, Journal of Mathematical Psychology, 15, 1977, str. 237-281.
103. Saaty, T.L.: Decision making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary, European Journal of Operational Research, vol 145, 2003, str.85-91.
104. Saaty, T.L.: Highlights and Critical points in the Theory and application of the Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research,74,1994, str. 426-447.

105. Saaty, T.L.: How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, v24 i6., 1994., str.19-43
106. Saaty, T.L.: Ranking by Eigenvector Versus Other methods in the Analytic Hierarchy Process, *Appl.Math.Lett.*, vol.11(4), 1998,str.121-125.
107. Saen, R.F.: a decision model for technology selection in the existence of both cardinal and ordinal data, *Applied Mathematics and Computation*,181, 2006, str. 1600-1608.
108. Samolienko, S.: Contributing Factors to Information Technology Investment Utilization in Transition Economies: An Empirical Investigation, *Information Technology for Development*, Vol12(1), str 57-75, 2008
109. Schneier, B.: No, we don't spend enough! ,In *The First Workshop on Economics and Information Security*, 2002, str.16-17.
110. Schoner, B.,Wedley,W.C.: Ambiguous criteria weights in AHP: Consequences and solutions. *Decision Sciences* 20,1989, str. 462–475.
111. Shiraishi, S., Obata, T., Daigo, M.: Properties of a positive reciprocal matrix and their application to AHP, *Journal of the Operations research* 41 (3), 1998. str. 404–414.
112. Shukla,P.K.; Deb, K.:On finding multiple Pareto-optimal solutions using classical and evolutionary generating methods, *European Journal of Operational Research* 181,2007, str. 1630–1652.
113. Sinuany-Stern, Z.; mehrez A.; Hadad Y.: An AHP/DEA methodology for ranking decision making units, *International Transactions in Operational Research*,7, 2000, str. 109-124.
114. Srinivasan, V.; Shocker, A.D.: Linear Programming techniques for multidimensional analysis of preference,*Psychometrika*,38,1983, str.337-369
115. Stevel,R.E.: The Setting of weights in linear goal programme problems, *Mathematical Programming*, 20,1989, str. 285-293.
116. Stewart, T.J.: Relationships between data envelopment analysis and multicriteria decision analysis, *Journal of theOperationalResearch Society*, 1996,47(5), str. 654–665.
117. Tummala, V.M.R., Ling, H.: Sampling distributions of the random consistency index of the analytic hierarchy process (AHP). *Journal of Statistical Computation and Simulation* 55,1995, str. 121–131.
118. Tung, S.L., Tang, S.L.: A comparison of the Saaty's AHP and modified AHP for right and left eigenvector inconsistency. *European Journal of Operational Research* 106, 1998, str. 123-128.

119. Urli, B.;Nadeau, R.: Evolution of multi-criteria analysis: a scientometric analysis, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 1999,8, str. 31–43.
120. Vansnick, J.: On the Problem of Weights in Multiple Criteria Decision Making (The Noncompensatory Approach), *European Journal of Operational Research*, 24, 1986, str. 288-294
121. Vargas, L.G.: Reciprocal matrices with random coefficients. *Mathematical Modelling* 3, 1981, str. 69–81.
122. Varian, H.R.: System reliability and free riding, In *The First Workshop on Economics and Information Security*, May 16-17, 2002.
123. Vassilev, V.; Genova K; Vassileva M.: A brief Survey of Multicriteria Making Methods and Software Systems, *Cybernetics and Information Technologies*, vol5(1), 2005, str 3-13.
124. Weidong L.: Research on the Performance Evaluation of Logistics Activities, *China USA Business Review*, Vol 4 (4) 2005., str 53-55.
125. Xu, L.; Yang, J-B.: Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach, Working paper No 0106, University of Manchester Institute of Science and Technology, 2001.
126. Young, A.; Yung, M.: Cryptovirology: Extortion-based security threats and countermeasures In *Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy*, 1996, str. 129–140.
127. Yurdakul, M.: Selection of computer-integrated manufacturing technologies using a combined analytic hierarchy process and goal programming model, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 20, 2004, str. 329-340.
128. Zahedi F.: The analytic hierarchy process—a survey of the method and its applications, *Interfaces*, 1986, 16(4), str. 96–108.
129. Zahedi, F.: The analytic hierarchy process—a survey of methods and its applications. *Interfaces* 16, 1986., str. 96-108
130. Zhu, F. Mutka, M.W. Ni, L.M.; Service discovery in pervasive computing environments; *Pervasive Computing, IEEE*, 2005 Volume: (4), 4 str. 81- 90.

3) OSTALI IZVORI

131. Alabau, A. The European Union and its E-government Development Policy – Following the Lisbon Strategy Objectives, published with the support of Fundación Vodafone
132. John D. Howard. An Analysis Of Security Incidents On The Internet: 1989 -1995. doktorska dizertacija, Carnegie Mellon University, April 7, 1997
133. Nathalie Louise Foster. The application of software and safety engineering techniques to security protocol development. PhD thesis, University of York, September 2002.
134. Kabnurkar, A.; Mathematical modeling for dana envelopment analysiswith fuzzy restrictions on weights, 2001, doktorska disertacija
135. Kevin J. Soo Hoo. How Much Is Enough? A Risk-Management Approach to Computer Security. PhD thesis, Stanford University, June 2000.
136. John D. Howard. An Analysis Of Security Incidents On The Internet: 1989 -1995. PhD thesis, Carnegie Mellon University, April 7, 1997.
137. Shafi Goldwasser and Mihir Bellare. Lecture notes on cryptography. <http://www.cs.ucsd.edu/users/mihir/papers/gb.pdf>, April 2001
138. Sokač, D., Tunjić, A. Ugarković K.:Primjena Analitičkog Hijerarhijskog Procesu u određivanju prioriteta investicijskih ulaganjauz pomoć programskog paketa Expert Choice, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije HO-CIRED,Šibenik 2008
139. Šegota, A.: Usporedna analiza efikasnosti prodajnih objekata u maloprodaji, doktorska disertacija, Ekonomski fakultet Zagreb, 10. travanj 2003.
140. <http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11499.pdf>
141. <http://www.disasterrecovery.org>

POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Tablična klasifikacija metoda višekriterijskog odlučivanja i njihovih svojstava	21
Tablica 2.2 Tipovi funkcija preferencije za PROMETHEE metodu	30
Tablica 3.1 Tablični prikaz osnovnih struktura analitičkog hijerarhijskog procesa	39
Tablica 3.2 Saaty-eva skala osnovnih vrijednosti	45
Tablica 3.3 Tablica kompatibilnosti i konzistentnosti	47
Tablica 3.4 Prikaz Indeksa RI u ovisnosti o n	70
Tablica 4.1 Prikaz međuovisnosti između ograničenja i varijabli primala i duala	96
Tablica 4.2 Tablica s podacima relativno efikasnih jedinica	120
Tablica 5.1 Tablični prikaz osnovnih oblika odnosa u elektroničkom poslovanju u odnosu na sudionike	132
Tablica 5.2 Tablični prikaz Modela 20	143
Tablica 5.3 tablični prikaz stupnjeva informatiziranosti	144
Tablica 5.4 Tablica indeksa razvoja e-Uprave	148
Tablica 6.1 Broj djelatnika u IT službi po gradovima	179
Tablica 6.2 Tablični prikaz pokrivenosti programskim rješenjima	181
Tablica 7.1 Sumarni rezultati CCR i BCC modela usmjerenim inputima	198
Tablica 7.2 Rangirane jedinice obzirom na relativnu efikasnost prema CCR modelu	199
Tablica 7.3 Rangirane jedinice obzirom na relativnu efikasnost prema BCC modelu	200
Tablica 7.4 Tablični prikaz rezultata efikasnih jedinica i njihovih frekvencija pojave u referentnom skupu prema BCC modelu	201
Tablica 7.5 Članovi referentnog skupa za relativno neefikasne JO prema BCC modelu	202
Tablica 7.6 Prikaz vrijednosti dopunskih varijabli za JO g9	203
Tablica 7.7 Podaci o mogućim poboljšanjima za jedinicu gradske uprave g37	203
Tablica 7.8 Usporedba efikasnih JO gradskih uprava obzirom na CCR i BCC model	204
Tablica 7.9 Frekvencije relativno efikasnih JO u referentnom skupu prema BCC i CCR modelu	205
Tablica 7.10 Tablica dobivena rangiranjem superefikasnih jedinica	208
Tablica 7.11 Prikaz alternativa i podataka dobivenih za pojedini kriterij	209

Tablica 7.12 Tablični prikaz usporedbe kriterija u parovima	210
Tablica 7.13 Prioriteti alternativa po svakom od kriterija	213
Tablica 7. 14 Tablica izračuna ukupnih prioriteta za alternative	213
Tablica 7.15 Prikaz konačnih rezultata dobivenih superefikašnošću i AHP metodom	221

POPIS SLIKA

Slika 2.1 Rezultati dobiveni usporedbom pet metoda za višekriterijsku analizu	34
Slika 4.1 Prikaz proizvodne funkcije (izokvante) SS'	79
Slika 4.2 Regresijski pravac nasuprot granice efikasnosti	84
Slika 4.3 Grafički prikaz skupa proizvodnih mogućnosti	92
Slika 4.4 Grafički prikaz klasifikacije JO	94
Slika 4.5 Prikaz proizvodne granice CCR modela	105
Slika 4.6 Prikaz granice produktivnosti u BCC modelu	106
Slika 4.7 Jedinična izokvanta razapeta uz pomoć skupa podataka tablice 4.2	120
Slika 5.1 Grafički prikaz funkcioniranja procesa u elektroničkoj upravi	134
Slika 5. 2 Grafički prikaz razvojnog ciklusa E-uprave	136
Slika 5.4 Grafički prikaz uloge ljudskih potencijala u uspješnosti provedbe strategije	147
Slika 5.5 Ocjena portala obzirom na dizajn i orijentiranosti prema korisniku	151
Slika 5.6. Grafički prikaz online složenosti u odnosu na upotrebljivost obzirom na 20 servisa eUprave.	152
Slika 5.7 Implementacija računalnog centra putem „Oblak“ rješenja za gradske uprave	163
Slika 5.8 Piramida implementacije informacijske sigurnosti	167
Slika 6.1 Prikaz hijerarhijske strukture ispitivanja efikasnosti elektroničkog poslovanja gradskih uprava	185
Slika 7.1 Hijerarhijski prikaz problema ispitivanja efikasnosti e-poslovanja gradskih uprava programskim paketom Expert Choice	215
Slika 7.2 Dodjeljivanje težina svakom od pet glavnih kriterija	216
Slika 7.3 Dodjeljivanje težina svakom od pet podkriterija kriterija ICT	216
Slika 7.4. Prikaz usporedbe svih alternativa obzirom na kriterij aplikacijska pokrivenost	218
Slika 7.5 Rangiranje obzirom na COBIT model	223
Slika 7.6 Graf analize osjetljivosti obzirom na postavljeni cilj i prvu razinu kriterija	227
Slika 7.7. Dynamic opcija prve razine kriterija	229
Slika 7.8. Opcija Dynamic obzirom na promjenu prioriteta prvog kriterija	230

POPIS GRAFIKONA

Graf 5.1. Prikaz razvoja e-Uprave u Europi	149
Graf 6.1 Dnevna izrada sigurnosnih kopija	178
Graf 6.2 Grafički prikaz broja djelatnika IT odjela	179
Graf 6.3 Grafički prikaz postotka investiranja u edukaciju građana	180
Graf 6.4 Grafički prikaz postotka pokrivenosti aplikativnim rješenjima informacijsko dokumentacijske osnovice	181
Graf 6.5 Grafički prikaz centraliziranog antivirusnog sustava i distribuiranja zakrpi	183
Graf 6.6 Grafički prikaz razvijenosti web servisa	184
Graf 7.1 Grafički prikaz relativno neefikasnih jedinica	206
Graf 7.2 Sintetizirani rezultati obzirom na zadani cilj	214
Graf 7.3 Prikaz razvijenosti web servisa	222
Graf 7.4 Poredak alternativa u odnosu na postavljeni cilj	224

POPIS SHEMA

Shema 3.1. Grafički prikaz strukture hijerarhije analitičkog hijerarhijskog procesa	40
Shema 3.2 Grafički prikaz rješavanja problema AHP metodom	52
Shema 5.1 Prikaz temelja elektroničke uprave	139
Shema 5.2 Hijerarhijska pozicija IT odjela u većim gradovima.	159
Shema 5.3 Moguća struktura odjela informatike.	160
Shema 5.4 Struktura IT odjela u malim gradovima.	161
Shema 5.5 Model suradnje među tijelima lokalne i državne uprave.	162
Shema 5.6 Životni ciklus implementacije sigurnosne politike.	168
Shema 5.7 Shema implementacije Hot- site-a	174

Prilog 1. Tablica inputa i outputa koji su ušli u analizu BCC i CCR modelom

JO	(I) ICT	(I) IJP	(I) SIG	(I) SERV	(I) DJELAT	(I) BRZINA	(I) RACUN	(I) APLPOK	(O) POUZ	(O) OCJENA	(O) RAZV
g1	8	3	6	2	23	5	20	10	8	2	2
g2	4	1	1	1	20	1	15	4	4	1	2
g3	22	5	6	8	70	10	70	8	32	1	2
g4	12	2	3	1	24	10	16	3	5	2	3
g5	8	1	4	2	15	5	13	5	8	1	2
g6	7	4	4	1	40	5	40	11	4	2	3
g7	28	7	7	7	200	15	181	11	35	2	1
g8	4	2	7	2	28	1	28	13	10	1	2
g9	20	1	6	2	27	15	25	5	8	2	2
g10	11	3	1	1	54	10	36	6	3	1	3
g11	28	2	8	7	140	15	122	11	28	2	3
g12	14	2	4	2	17	10	18	5	8	2	3
g13	11	4	3	3	20	5	20	8	12	2	3
g14	18	2	1	1	15	15	2	6	4	1	2
g15	21	3	7	3	48	10	45	11	12	2	3
g16	18	2	6	5	45	10	40	11	20	2	3
g17	17	2	3	3	40	10	35	3	12	1	2
g18	16	2	2	1	22	15	14	10	4	1	3
g19	15	1	5	2	12	10	16	6	10	2	2
g20	4	1	4	2	28	1	25	7	8	2	3
g21	22	3	7	5	60	10	55	10	25	2	3
g22	33	8	10	15	270	10	251	13	60	3	3
g23	4	3	6	1	25	0	22	12	5	1	2
g24	32	6	9	12	180	10	200	16	48	3	2
g25	83	48	10	58	500	15	509	11	290	4	4
g26	22	4	9	4	70	10	62	11	20	2	3
g27	38	2	3	1	30	10	26	7	104	2	2
g28	20	3	4	3	48	10	31	8	12	2	3
g29	17	2	3	6	80	10	75	5	18	2	3
g30	42	5	9	18	100	15	100	10	72	4	3
g31	21	3	4	2	18	15	18	7	8	2	3
g32	6	1	2	1	17	5	9	3	4	2	2
g33	14	5	7	3	61	5	55	9	12	3	3
g34	21	6	8	5	156	10	142	7	20	3	3
g35	4	1	4	3	28	10	25	7	12	1	2
g36	21	4	6	3	70	10	58	11	15	2	3
g37	13	5	6	8	61	10	55	9	32	1	2
g38	9	3	6	2	25	5	22	12	10	1	2
g39	20	3	5	2	48	10	31	8	8	2	3
g40	161	34	9	131	3005	20	2460	10	524	4	4
g41	36	18	10	16	430	10	400	11	64	3	3

Prilog 2. Tablica korelacije među inputima i outputima

Correlation		ICT	ljp	SIG	SERV	DJELAT	BRZINA	RACUN	APLPOK	POUZ	OCJENA	RAZV
	ICT	1	0,81182	0,482	0,9629	0,91842	0,62007	0,92988	0,23079	0,97262	0,67193	0,4961
	ljp	0,81182	1	0,52329	0,81969	0,67201	0,40114	0,70272	0,28342	0,84985	0,64031	0,51335
	SIG	0,482	0,52329	1	0,43468	0,35795	0,25317	0,3867	0,71022	0,42249	0,66341	0,27387
	SERV	0,9629	0,81969	0,43468	1	0,96078	0,47578	0,9698	0,20347	0,98087	0,59601	0,48154
	DJELAT	0,91842	0,67201	0,35795	0,96078	1	0,43392	0,99877	0,16461	0,92221	0,50464	0,41605
	BRZINA	0,62007	0,40114	0,25317	0,47578	0,43392	1	0,44071	0,03133	0,47807	0,40869	0,30535
	RACUN	0,92988	0,70272	0,3867	0,9698	0,99877	0,44071	1	0,18512	0,93407	0,52997	0,42484
	APLPOK	0,23079	0,28342	0,71022	0,20347	0,16461	0,03133	0,18512	1	0,1997	0,30074	0,1289
	POUZ	0,97262	0,84985	0,42249	0,98087	0,92221	0,47807	0,93407	0,1997	1	0,60711	0,46297
	OCJENA	0,67193	0,64031	0,66341	0,59601	0,50464	0,40869	0,52997	0,30074	0,60711	1	0,59015
	RAZV	0,4961	0,51335	0,27387	0,48154	0,41605	0,30535	0,42484	0,1289	0,46297	0,59015	1

Prilog 4. Tablica projekcija za neefikasne jedinice prema BCC modelu

DMU I/O	Score Data	Projection	Difference	%
g1	0,859597			
ICT	8	6,57557	-1,42443	-17,81%
ljp	3	1,031409	-1,96859	-65,62%
SIG	6	2,46094	-3,53906	-58,98%
SERV	2	1,214765	-0,78523	-39,26%
DJELAT	23	19,77074	-3,22926	-14,04%
BRZINA	5	4,297987	-0,70201	-14,04%
RACUN	20	12,9702	-7,0298	-35,15%
APLPOK	10	3,984698	-6,0153	-60,15%
POUZ	8	8	0	0,00%
OCJENA	2	2	0	0,00%
RAZV	2	2,214765	0,214765	10,74%
g3	0,588884			
ICT	22	12,95545	-9,04455	-41,11%
ljp	5	2,94442	-2,05558	-41,11%
SIG	6	1,745121	-4,25488	-70,91%
SERV	8	3,205943	-4,79406	-59,93%
DJELAT	70	41,22189	-28,7781	-41,11%
BRZINA	10	3,321566	-6,67843	-66,78%
RACUN	70	36,39746	-33,6025	-48,00%
APLPOK	8	4,711073	-3,28893	-41,11%
POUZ	32	32	0	0,00%
OCJENA	1	1,348028	0,348028	34,80%
RAZV	2	2,075841	7,58E-02	3,79%
OCJENA	2	2	0	0,00%
RAZV	3	3	0	0,00%
g7	0,502475			
ICT	28	14,06931	-13,9307	-49,75%
ljp	7	2,97476	-4,02524	-57,50%
SIG	7	3,114423	-3,88558	-55,51%
SERV	7	3,517326	-3,48267	-49,75%
DJELAT	200	41,87623	-158,124	-79,06%
BRZINA	15	4,614375	-10,3856	-69,24%
RACUN	181	37,24743	-143,753	-79,42%
APLPOK	11	5,527227	-5,47277	-49,75%
POUZ	35	35	0	0,00%
OCJENA	2	2	0	0,00%
RAZV	1	2,425535	1,425535	142,55%
g9	1			
ICT	20	12	-8	-40,00%
ljp	1	1	0	0,00%
SIG	6	4	-2	-33,33%
SERV	2	1,666667	-0,333333	-16,67%
DJELAT	27	13,66667	-13,3333	-49,38%
BRZINA	15	8,333333	-6,66667	-44,44%
RACUN	25	13,66667	-11,3333	-45,33%
APLPOK	5	5	0	0,00%
POUZ	8	8	0	0,00%
OCJENA	2	2	0	0,00%

RAZV	2	2	0	0,00%
g15	0,756916			
ICT	21	10,1102	-10,8898	-51,86%
ljp	3	2,270748	-0,72925	-24,31%
SIG	7	3,522449	-3,47755	-49,68%
SERV	3	2,270748	-0,72925	-24,31%
DJELAT	48	32,88435	-15,1156	-31,49%
BRZINA	10	6,315646	-3,68435	-36,84%
RACUN	45	27,28707	-17,7129	-39,36%
APLPOK	11	4,85034	-6,14966	-55,91%
POUZ	12	12	0	0,00%
OCJENA	2	2,029932	2,99E-02	1,50%
RAZV	3	3	0	0,00%
g16	0,966788			
ICT	18	11,46751	-6,53249	-36,29%
ljp	2	1,933575	-6,64E-02	-3,32%
SIG	6	4,834368	-1,16563	-19,43%
SERV	5	4,833938	-0,16606	-3,32%
DJELAT	45	40,81285	-4,18715	-9,30%
BRZINA	10	4,103968	-5,89603	-58,96%
RACUN	40	38,6715	-1,3285	-3,32%
APLPOK	11	7,342625	-3,65738	-33,25%
POUZ	20	20	0	0,00%
OCJENA	2	2,333747	0,333747	16,69%
RAZV	3	3	0	0,00%
g17	1			
ICT	17	17	0	0,00%
ljp	2	2	0	0,00%
SIG	3	3	0	0,00%
SERV	3	2,999968	-3,16E-05	0,00%
DJELAT	40	40	0	0,00%
BRZINA	10	10	0	0,00%
RACUN	35	35	0	0,00%
APLPOK	3	3	0	0,00%
POUZ	12	12	0	0,00%
OCJENA	1	1,000012	1,21E-05	0,00%
RAZV	2	2	0	0,00%
g21	0,960532			
ICT	22	9,6273	-12,3727	-56,24%
ljp	3	2,881597	-0,1184	-3,95%
SIG	7	4,32283	-2,67717	-38,25%
SERV	5	4,802661	-0,19734	-3,95%
DJELAT	60	57,41368	-2,58632	-4,31%
BRZINA	10	2,275477	-7,72452	-77,25%
RACUN	55	52,82927	-2,17073	-3,95%
APLPOK	10	7,230215	-2,76978	-27,70%
POUZ	25	25	0	0,00%
OCJENA	2	2,130637	0,130637	6,53%
RAZV	3	3	0	0,00%
g22	0,828066			
ICT	33	27,32619	-5,67381	-17,19%
ljp	8	6,624532	-1,37547	-17,19%

SIG	10	6,568313	-3,43169	-34,32%
SERV	15	12,421	-2,579	-17,19%
DJELAT	270	95,24903	-174,751	-64,72%
BRZINA	10	8,234205	-1,76579	-17,66%
RACUN	251	93,97199	-157,028	-62,56%
APLPOK	13	8,625917	-4,37408	-33,65%
POUZ	60	60	0	0,00%
OCJENA	3	3	0	0,00%
RAZV	3	3,020941	2,09E-02	0,70%
g24	0,786363			
ICT	32	25,16361	-6,83639	-21,36%
ljp	6	4,718178	-1,28182	-21,36%
SIG	9	6,593882	-2,40612	-26,73%
SERV	12	9,436355	-2,56364	-21,36%
DJELAT	180	107,2821	-72,7179	-40,40%
BRZINA	10	7,863629	-2,13637	-21,36%
RACUN	200	96,8259	-103,174	-51,59%
APLPOK	16	8,689398	-7,3106	-45,69%
POUZ	48	48	0	0,00%
OCJENA	3	3	0	0,00%
RAZV	2	2,930134	0,930134	46,51%
g26	0,847959			
ICT	22	13,17959	-8,82041	-40,09%
ljp	4	3,391837	-0,60816	-15,20%
SIG	9	3,555102	-5,4449	-60,50%
SERV	4	3,391837	-0,60816	-15,20%
DJELAT	70	42,89796	-27,102	-38,72%
BRZINA	10	7,502041	-2,49796	-24,98%
RACUN	62	37,15918	-24,8408	-40,07%
APLPOK	11	4,632653	-6,36735	-57,88%
POUZ	20	20	0	0,00%
OCJENA	2	2,073469	7,35E-02	3,67%
RAZV	3	3	0	0,00%
g28	0,836971			
ICT	20	12,3035	-7,6965	-38,48%
ljp	3	2,510914	-0,48909	-16,30%
SIG	4	3,347886	-0,65211	-16,30%
SERV	3	2,326171	-0,67383	-22,46%
DJELAT	48	32,17907	-15,8209	-32,96%
BRZINA	10	8,369714	-1,63029	-16,30%
RACUN	31	25,94611	-5,05389	-16,30%
APLPOK	8	4,740944	-3,25906	-40,74%
POUZ	12	12	0	0,00%
OCJENA	2	2	0	0,00%
RAZV	3	3	0	0,00%
g31	0,997151			
ICT	21	13,5641	-7,4359	-35,41%
ljp	3	2,153846	-0,84615	-28,21%
SIG	4	3,820513	-0,17949	-4,49%
SERV	2	1,974359	-2,56E-02	-1,28%
DJELAT	18	17,94872	-5,13E-02	-0,28%
BRZINA	15	9,615385	-5,38462	-35,90%

RACUN	18	17,94872	-5,13E-02	-0,28%
APLPOK	7	5,025641	-1,97436	-28,21%
POUZ	8	8	0	0,00%
OCJENA	2	2	0	0,00%
RAZV	3	3	0	0,00%
g36	0,852627			
ICT	21	12,98536	-8,01464	-38,16%
ljp	4	3,410508	-0,58949	-14,74%
SIG	6	3,428575	-2,57142	-42,86%
SERV	3	2,557881	-0,44212	-14,74%
DJELAT	70	39,30184	-30,6982	-43,85%
BRZINA	10	8,526271	-1,47373	-14,74%
RACUN	58	33,55863	-24,4414	-42,14%
APLPOK	11	4,934852	-6,06515	-55,14%
POUZ	15	15	0	0,00%
OCJENA	2	2,051498	5,15E-02	2,57%
RAZV	3	3	0	0,00%
g37	0,823231			
ICT	13	10,70201	-2,29799	-17,68%
ljp	5	3,088929	-1,91107	-38,22%
SIG	6	4,269444	-1,73056	-28,84%
SERV	8	4,857899	-3,1421	-39,28%
DJELAT	61	47,75959	-13,2404	-21,71%
BRZINA	10	8,232314	-1,76769	-17,68%
RACUN	55	45,27773	-9,72227	-17,68%
APLPOK	9	7,409082	-1,59092	-17,68%
POUZ	32	32	0	0,00%
OCJENA	1	1,403991	0,403991	40,40%
RAZV	2	2,261705	0,261705	13,09%
g38	0,759159			
ICT	9	6,832429	-2,16757	-24,08%
ljp	3	1,047982	-1,95202	-65,07%
SIG	6	1,996583	-4,00342	-66,72%
SERV	2	1,300193	-0,69981	-34,99%
DJELAT	25	18,97897	-6,02103	-24,08%
BRZINA	5	2,632652	-2,36735	-47,35%
RACUN	22	14,9276	-7,0724	-32,15%
APLPOK	12	4,44418	-7,55582	-62,97%
POUZ	10	10	0	0,00%
OCJENA	1	1,048002	4,80E-02	4,80%
RAZV	2	2	0	0,00%
g39	0,781961			
ICT	20	10,61684	-9,38316	-46,92%
ljp	3	2,345883	-0,65412	-21,80%
SIG	5	3,342234	-1,65777	-33,16%
SERV	2	1,563922	-0,43608	-21,80%
DJELAT	48	29,73455	-18,2654	-38,05%
BRZINA	10	7,81961	-2,18039	-21,80%
RACUN	31	23,68722	-7,31278	-23,59%
APLPOK	8	4,70871	-3,29129	-41,14%
POUZ	8	8	0	0,00%
OCJENA	2	2,013332	1,33E-02	0,67%

RAZV	3	3	0	0,00%
g41	0,75678			
ICT	36	26,92428	-9,07572	-25,21%
ljp	18	11,70433	-6,29567	-34,98%
SIG	10	6,844287	-3,15571	-31,56%
SERV	16	12,10848	-3,89152	-24,32%
DJELAT	430	139,2819	-290,718	-67,61%
BRZINA	10	7,567799	-2,4322	-24,32%
RACUN	400	134,729	-265,271	-66,32%
APLPOK	11	8,324579	-2,67542	-24,32%
POUZ	64	64	0	0,00%
OCJENA	3	3	0	0,00%
RAZV	3	3	0	0,00%